الدروع الواقية
من الإشعاع النووي

الدكتور محمد هاشم البشير

الأستاذة رحاب عوض محمد





الدروع الواقية من الإشعاع النووي

الدروع الواقية
من الإشعاع النووي

الدكتور: محمد هاشم البشير الأستاذة: رحاب عوض محمد



رقم التصنيف : 539.7
المؤلف ومن هو في حكمه : محمد هاشم البشير، رحاب عوض محمد
عنوان الكتاب : الدروع الواقية من الإشعاع النووي
رقم الإيداع : 2012/9/3644
الواصفات : /الفيزياء//الإشعاع//تأثيرات الإشعاع/
بيانات الناشر : عمان – دار ومكتبة الحامد للنشر والتوزيع
يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبّر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية أو أي جهة حكومية أخرى.
(ردمك) ISBN 978-9957-32-719-4
تم إعداد بيانات الفهرسة والتصنيف الأولية من قبل دائرة المكتبة الوطنية.

الطبعة الأولى 2013-1434هـ



دار الحامد للنشر والتوزيع
الأردن - عمان - شفا بدران - شارع العرب مقابل جامعة العلوم التطبيقية
هاتف: 5231081 6 962+ فاكس : 5235594 6 962+
ص.ب . (366) الرمز البريدي: (11941) عمان – الأردن
www.daralhamed.net
E-mail : daralhamed@yahoo.com

إهداء

- إلى الأهل . . والأصدقاء .

- إلى أساتذتنا . .

- إلى الدكتور عبد الإله موسي .

المحتويات

المقدمة

اكتشف العالم الألماني رونتجن - بقدرة الله – الأشعة السينية عام 1895م. والتقط بها أول صورة أوضحت عظام يد زوجته. ولم يمض على هذا الاكتشاف المهم أشهر قليلة حتى استخدمت هذه الأشعة في التشخيص الطبي مثل الكشف عن كسور العظام وتحديد مواضع الشظايا في أجساد المصابين بها، فكانت تلك هي بداية صناعة أنابيب الأشعة السينية التي لم تكن وقتئذ مصنعة بدقة كافية.

بدأت تظهر على العاملين في صناعة تلك الأنابيب وفي مستخدميها آثار ضارة للأشعة السينية مثل احمرار الجلد والحروق الإشعاعية. وفي عام 1902م ظهرت أورام سرطانية في أيدي صانعي وعارضي أنابيب الأشعة السينية نتيجة لتعرضهم للأشعة. وفي ذلك الوقت لم يكن ممكنا وضع حدود للتعرض الإشعاعي لأجل الحماية منه نظراً لعدم الإلمام الكافي بأضرار الأشعة وعدم وجود أجهزة لقياس مقدار التعرض الحاصل لتحديد الجرع الإشعاعية التي تسبب مثل هذه التأثيرات الحادة.

وبقدرة الله أيضاً اكتشف العالم الفرنسي بيكريل في سنة 1896م النشاط الإشعاعي الطبيعي لعنصر اليورانيوم. وقد أكملت العالمية البولندية كاريا وزوجها بيير كوري البحث في النشاط الإشعاعي الطبعي للعناصر الأخرى فاكتشفا ثلاثة عناصر نشطة إشعاعيا أهمها عنصر الراديوم الذي استخدم في باديء الأمر في علاج الأورام السرطانية. وبعدها توالت اكتشافات العناصر الطبعية المشعة الأخرى. ومن المعلوم الآن أن هناك أكثر من أربعين نظيراً طبعيا مشعاً. ومن الجدير بالذكر أن السيدة كوري قد هلكت مع ابنتها إيرين بسبب إصابتها بسرطان الدم (الليوكيميا) الذي يحدث نتيجة استقرار الراديوم المشع في العظام التي تعد أحد المراكز النشطة في صنع خلايا الدم البيضاء بجسم الإنسان، وذلك من بين مسببات أخرى لهذا المرض.

ورغم العديد من الحوادث الاشعاعيه لم يكن هناك جهد جماعي منظم لوضع معايير للحماية الإشعاعية في الفترة الأولى من استخدام الأشعة السينية والعناصر المشعة بالرغم من الاهتمامات المؤقتة بالحماية من الإشعاع، وفي عام 1913م أصدرت الجمعية

الإشعاعية الألمانية أول توصيات عامة للحماية من الإشعاع ثم أعقبتها انكلترا عام 1915م وتبعتهما دول أخرى وفي عام 1928م تم تأسيس اللجنة الدولية للحماية الإشعاية (ICRP) التي قامت بإصدار توصياتها لوضع مواصفات العمل في هذا المجال. واستمرت هذه اللجنة إلى يومنا هذا في تطوير التعليمات والتوصيات الخاصة بكل ما يتعلق بالإشعاع مع غيرها من الهيئات الدولية والوطنية.

تهدف الحماية من الإشعاع إلى حماية الإنسان والبيئة من التأثيرات الضارة للإشعاع، الجسدية منها والوراثية مع السماح للاستخدامات المفيدة للإشعاع والمواد المشعة بالاستمرار.

ولان أصبح استعمال الإشعاع جزءاً لا يتحزأ من الحياة العصرية سواء كان من ناحية تشخيصية أو علاجية، ذلك أن التطبيقات الطبية متوفرة في أغلب مستشفيات كل مجتمع تقريباً. إن الإشعاع له منافع هائلة للمجتمع سواء كانت طبية، صناعية. . . ونحن نعلم هذا تعييناً، ولكن الاستخدام غير المضبوط والزائد يمكن أن يؤدي إلى عواقب مدمرة لصحتنا وسلامتنا.

فالكتاب يلقي الضوء على أنواع الإشعاع وطرق قياسه واستخداماته ومخاطره وكذلك الوقاية منه مركزا علي طريقة التدريع حيث أنها أنجع الطرق للوقاية من الإشعاع رغم أن المؤلفات القليله في هذا الجانب وهنا تبرز أهمية الكتاب

هذا الكتاب جاء متضمناً كلاً من الأشعة السينية والنشاط الإشعاعي الطبيعي ومن ثم تأثير الإشعاع على الإنسان، ثم الدروع النووية وحساب عامل التراكم والدروع المتعددة الطبقات.

الفصل الأول

النشاط الإشعاعي

و

الإشعاعات الذرية

(1-1) تمهيد:

يعد النشاط الإشعاعي شيئا مبهما وغامضا لدي كثير من الناس ولإزالة هذا الغموض الذي يكتنف موضوع الإشعاع لابد من التطرق إلي المفاهيم العامة في هذا المجال وكشف النقاب عن أسرار هذا المجهول حيث سيتطرق هذا الفصل إلي بعض المعطيات والمفاهيم التي نحتاجها للولوج في أعماق هذا لموضوع.

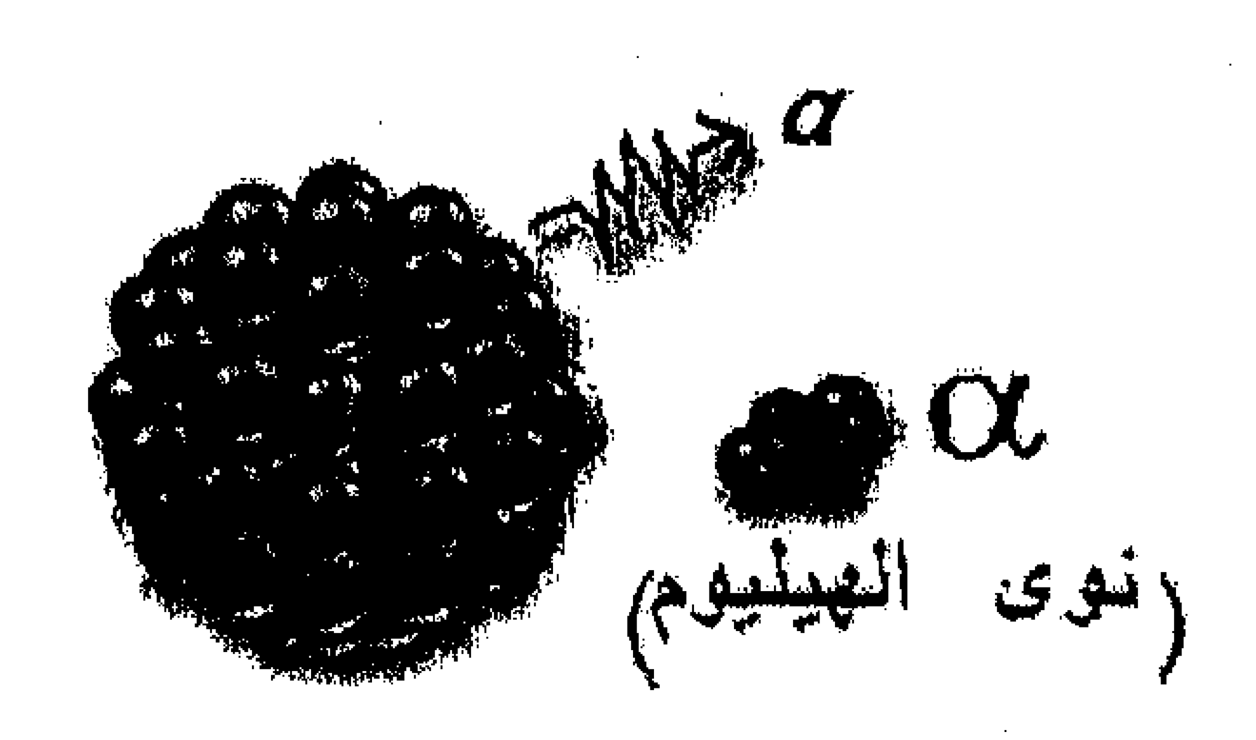
(1-2) النشاط الإشعاعي: Radioactivity

تتميز العديد من النظائر سواء الطبيعية أو الصناعية (أي المنتجة باستخدام المعجلات أو المفاعلات النووية) بخاصية تعرف باسم النشاط الإشعاعي.

والنشاط الإشعاعي عبارة عن تفكك (Decay) أو اضمحلال (Disintegration) نواة نظير تلقائيا إلي نواه اصغر أو نواه ذات قيمه اقل للطاقة مع إصدار جسيمات نوويه مثل جسيمات ألفا (α) أو بيتا (β) أو إشعاعات جاما(γ) أو النيوترونات (n) وتعرف النظائر المستقرة التي لا تتعرض للتفكك تحت أي من الظروف الطبيعية مثل الحرارة أو حالة النظير أو غيرها.[1]

(1-3)جسيمات ألفا: Alpha particles

وهي نواة ذرة الهليوم المشحونة الطاقة $^4_2He^{++}$ المتكونة من نيوترونين وبروتونين وبهذا فان عددها الكتلي يبلغ 4 وهي تحمل شحنه موجبه ويبلغ عددها الذري 2 ويبلغ ثقل جسيمة ألفا حوالي 7300 مره ثقل الإلكترون ويتم إطلاق هذه الجسيمات نتيجة الانحلال الإشعاعي للنويدات التي تكون قيمة عددها الكتلي أكثر من (208) أي أثقل النويدات في الجدول الدوري[2]



(1-3-1) انحلال جسيمات ألفا: Alpha Decay

تتميز نوى العناصر الثقيلة بانخفاض قيمة معدل طاقة الترابط لكل نوية في النواة. لذلك فان هذه النوى غير المستقرة تتفكك إلي نوى اخف وأكثر استقرارا من خلال ارتفاع معدل الطاقة الرابطة لها فعلي سبيل المثال نواة اليورانيوم ${}^{238}_{92}U$ التي تتكون من 92 بروتونا و 146 نيوترونا. تتفكك إلي نواة الثيريوم (${}^{234}_{90}Th$) المكونة من 90 بروتون, و144 نيوترون وينبعث نتيجة لهذا التفكك جسيمة ألفا (α) التي هي عبارة عن نواة ذرة الهليوم ويمكن تمثل عملية التفكك هذه بالمعادلة التالية:

$$ {}^{238}_{92}U \rightarrow Th + {}^{4}_{2}H \qquad (1-1) $$

ولكي تكون النواة المركبة التي تعطي جسيم ألفا قادرة علي إصدار هذه الجسيمة يجب أن تكون كتلتها اكبر من مجموع كتلتي النواة الوليدة وجسيم ألفا حيث يطلق اسم النواة الأم علي النواة المشعة الأصلية وهذا الشرط (الطاقي) للانحلال موضح أدناه:

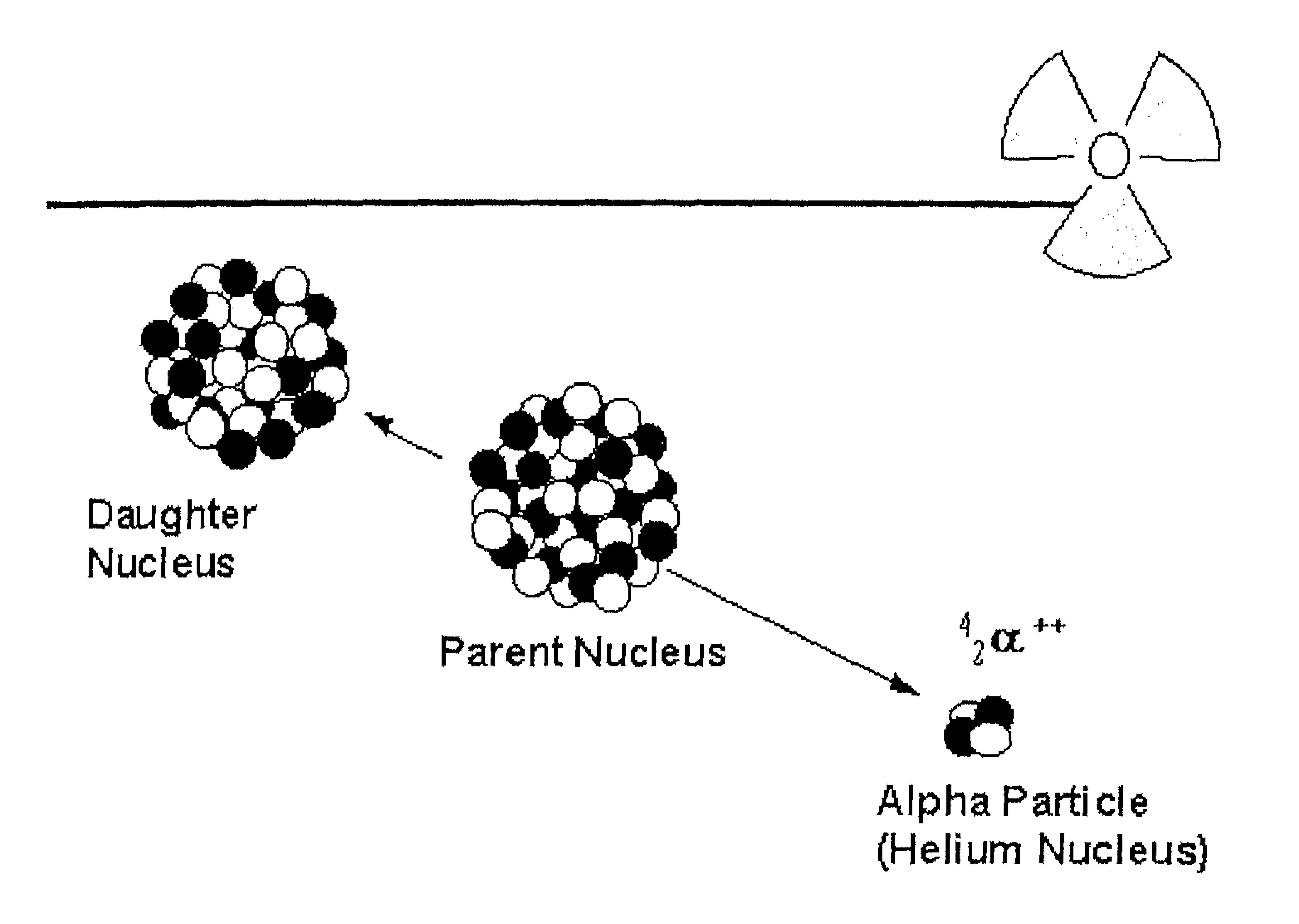
$$ M_p - (M_d + M_\alpha) > 0 $$

حيث M_p كتلة النواة الأم, وM_d كتلة النواة الوليدة وM_α كتلة جسيم ألفا ولا يتحقق هذا الشرط إلا لنوى بعض العناصر التي تكون أثقل من الرصاص أما نوى العناصر الأخف فإنها مستقره بالنسبة إلي إصدار جسيمات ألفا.

ويمكن حساب طاقة جسيمات ألفا α باستخدام علاقة اينشتاين لتكافؤ الكتلة والطاقة ($E = mc^2$) حيث أن تكافؤ الطاقة الناتجة عن التفكك هي:

$$ E = \{M_p - (M_d + M_\alpha)\}c^2 $$

حيث (c سرعة الضوء).وتتوزع هذه الطاقة بين جسيم ألفا والنواة الوليدة بنسب معاكسه لكتلتها وذلك طبقا لقانون بقاء الزخم, أي أن جسيم ألفا يحمل الجزء الأكبر من الطاقة الناتجة من التفكك في حيث تحمل النواة الوليدة جزءا صغيرا جدا من هذه الطاقة لكبر كتلتها.[3]



الشكل يوضح انحلال الفا

(1-3-2) طاقة التفتت بانبعاث جسيمات ألفا :

جسيمات ألفا المنبعثة من المواد المشعة لها سرعات تقع في حدود $10^9\ cm/s$ وطاقه حركيه تتراوح بين Mev(10.5).ويمثل التفتت بانبعاث جسيمات ألفا بواسطة المعادلة أدناه:

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}X + {}^{4}_{2}He + Q_{\alpha}$$

حيث: $\mathbf{X}$ ≡ الرمز الكيميائي الممثل للعنصر المعين موضوع الدراسة

$^{4}_{2}He$ ≡ جسيم ألفا (α)

Q_{α} ≡ طاقة التفتت وهو يمثل الطاقة الكلية المنطلقة من النواة الأصلية والنوى الناتجة

يمكن تقدير الطاقة الناتجة من التفتت $Q_{\propto}$ بسهوله بدلالة طاقة جسيم الفا ، وتكون هذه الطاقة عبارة عن الفرق في الكتلة بين النواة الأصلية والنوى الناتجة.[4]

(1-3-3) المدى والطاقة لجسيمات ألفا :

تفقد جسيمات ألفا طاقتها عند مرورها في المادة نتيجة التصادمات التي تحدث مع ذرات تلك المادة.فجسيمات ألفا ذات الطاقة (5 Mev) تحدث تقريبا 1.4×10^5 تأينا في المادة قبل أن تفقد كل طاقتها.وقرب نهاية المسار فان جسيم ألفا قد يفقد إلكترونا واحدا من كل إلكترونين بصفه دائمة ويصبح ذرة هليوم متعادلة. والعلاقة بين المدى والطاقة لجسيمات ألفا في الهواء هي:

$$\text{Rair (cm)} = 0.325\, E^{3/2} \text{(Mev)}$$

For E =4.7Mev

$$\text{E(Mev)} = 2.12\, \text{Rair}^{3/2}\ \text{(cm)}$$

وقد وجد انه عند الطاقات المنخفضة فان المدى يكون متناسبا مع $E^{3/2}$ أما عند الطاقات العالية فان المدى يتناسب مع E^2 والعلاقة بين المدى RA وطاقة جسيمات ألفا في ماده رقمها الكتلي A هي:

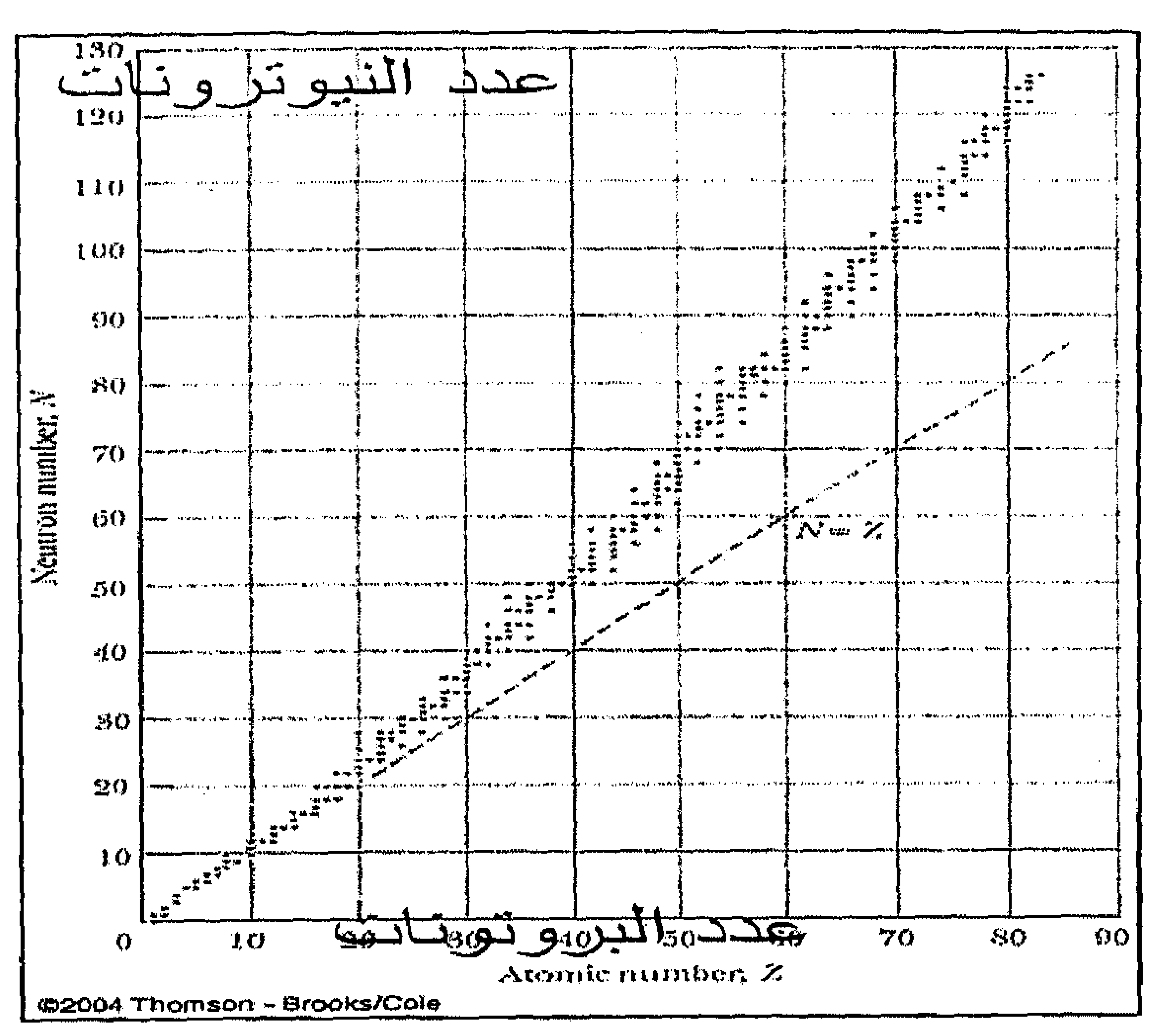
$$RA = \frac{3.2\times10^{-4}\, Rair\, \sqrt{A}}{\rho}$$

حيث: $\rho \equiv$ تمثل الكثافة

(1- 4) انحلال بيتا :

تصدر نويات بعض النظائر جسيمات أخري تعرف باسم جسيمات بيتا (β - Particles) وهذه الجسيمات عبارة عن الكترونات سالبه أو بوزوترونات موجبه.والبوزترون عبارة عن جسيم كتلته مساوية لكتلة الإلكترون ولكن شحنته موجبه. ويحدث تفكك بيتا لنوى عديدة من النظائر سواء أن كانت خفيف أم ثقيلة.ويجب أن تكون النسبة $(\frac{N}{Z})$ لهذا النظير نسبه تتراوح بين (1) بالنسبة للنظائر الخفيفة وتزداد حتى تصل إلي (1.6) بالنسبة إلي النظائر الثقيلة.ويوضح الشكل

(1- 1) أدناه منحني الاستقرار بالنسبة إلي تفكك بيتا.وهذا المنحني عبارة عن علاقة بين عدد النيوترونات N وعدد البروتونات Z للنظائر المستقرة. فإذا كانت النسبة بين عدد البروتونات والنيوترونات إلي النظير المعين واقعه علي منحني الاستقرار كان النظير مستقرا بالنسبة إلي تفكك بيتا أما إذا خرجت هذه النسبة عن المنحني فان النظير يكون نشطا بالنسبة إلي تفكك بيتا. وبهذا يمكن أن يكون النظير مستقرا بالنسبة إلي تفكك ألفا وغير مستقر بالنسبة إلي تفكك بيتا والعكس صحيح.[3]



الشكل (1-1): منحني الاستقرار بالنسبة لتفكك بيتا

(1-4-1) أنواع انحلال بيتا:

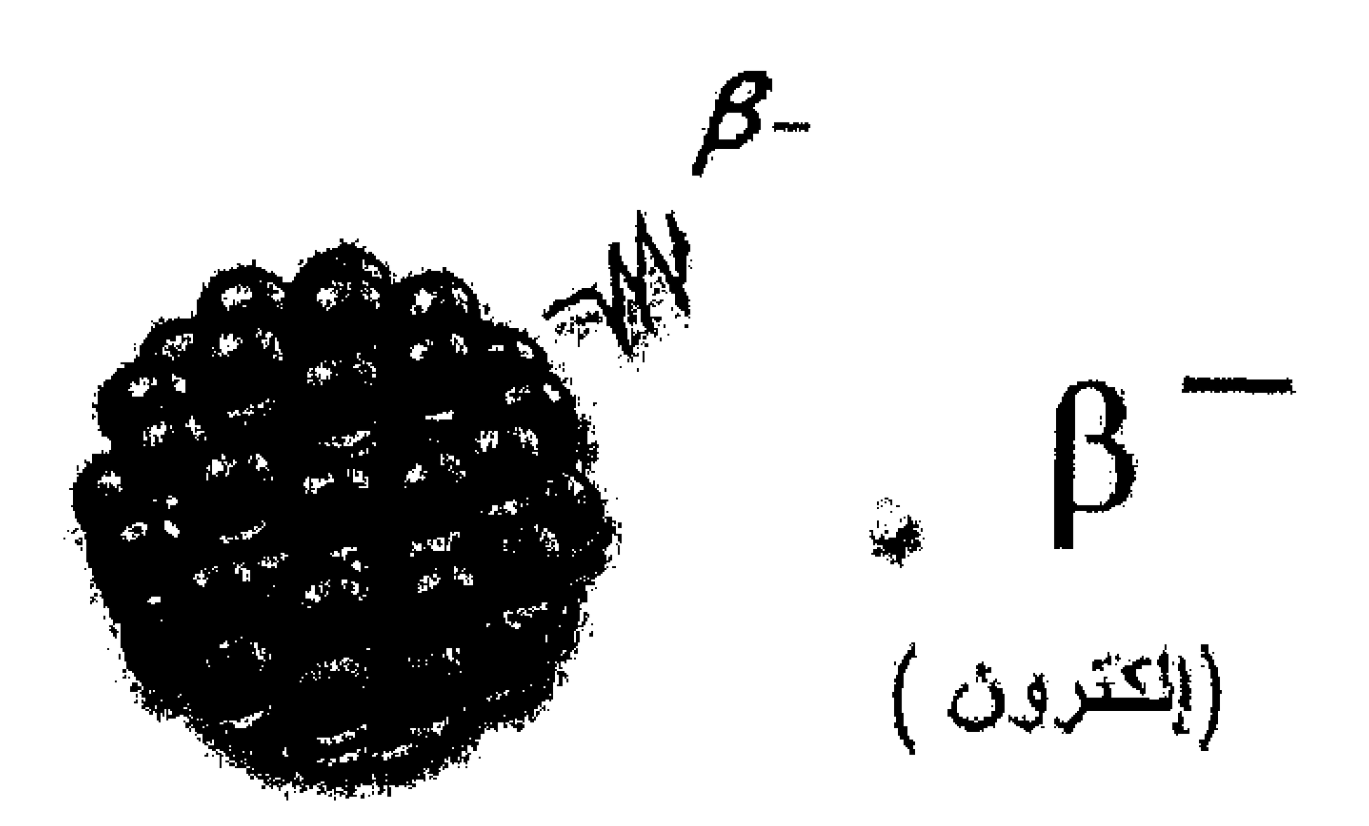
يصدر انحلال بيتا بعدة صور يمكن أن نوجزها فيما يلي:

(1-4-1-1) انحلال بيتا السالبة (β^-): (الانحلال الالكتروني)

يلاحظ إن إصدار إلكترون (جسيمة بيتا السالبة) من ألنواه ناتج عن تحول نيوترون من النيوترونات النواة إلي بروتون لتصبح النسبة بين النيوترونات والبروتونات اقرب إلي نسبة الاستقرار ويعبر عن هذا التفكك بالتالي:

$$ {}_{0}^{1}n \rightarrow {}_{1}^{1}P + \beta^- + \bar{\upsilon} $$

حيث أن $\bar{\upsilon}$ يعرف بضديد النيوترينو.

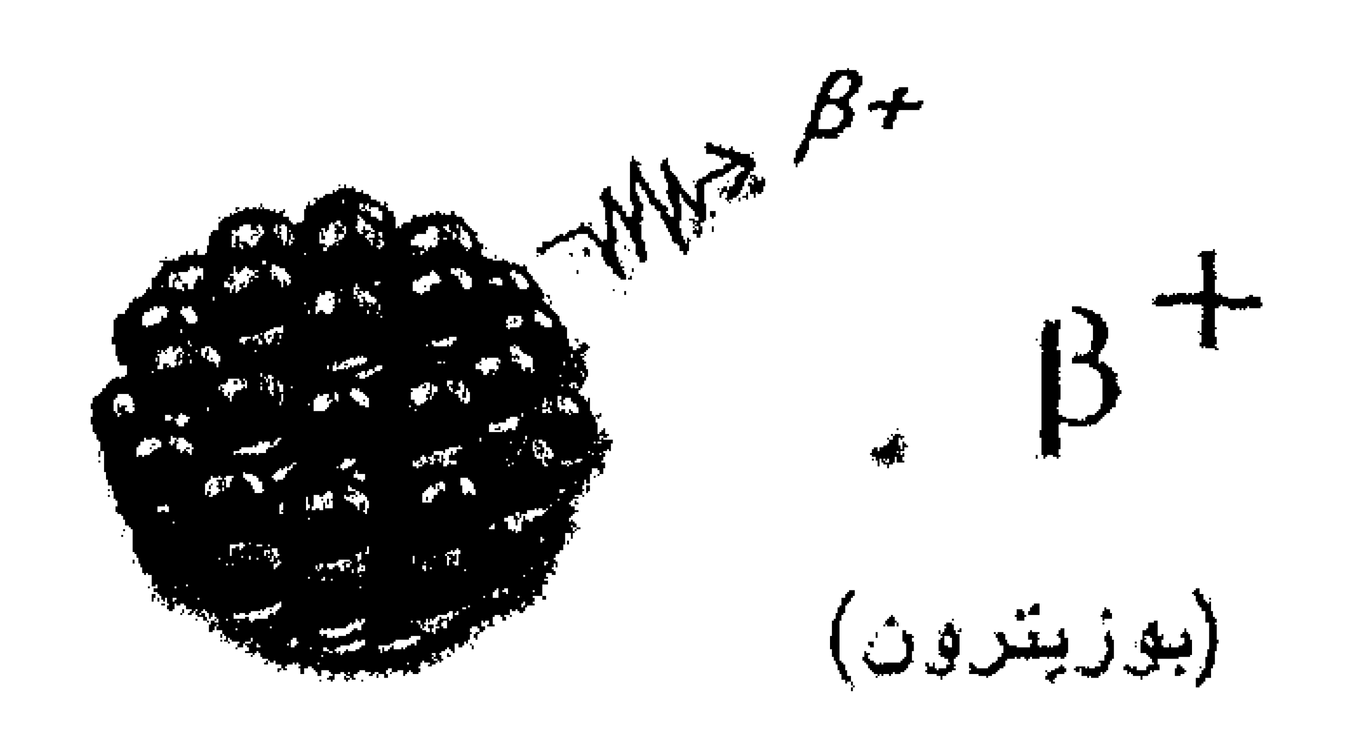


(1-4-1-2) انحلال بيتا الموجبة (β^+): (الانحلال البوزيتروني):

في بعض الأحيان تكون نسبة النيوترونات إلي البروتونات في النظير المعين اقل من النسبة التي تحقق الاستقرار. وفي هذه الحالة يتحول احد البروتونات إلي نيوترون وينطلق نتيجة لذالك بوزيترون يحمل شحنة البروتون الموجبة.ويعرف انحلال بيتا في هذه الحالة بالانحلال البوزوتروني ويعبر عنه بالاتي:

$$ {}_{1}^{1}P \rightarrow {}_{0}^{1}n + \beta^+ + \upsilon $$

حيث: $\upsilon \equiv$ يعرف باسم النيوترينو.



(1-4-2) طاقة جسيمات بيتا:

إن طاقة جسيمات ألفا الصادرة عن نظير معين تتخذ قيمه واحده أو قيما محدده من الطاقة أما بالنسبة إلي جسيمات بيتا الصادرة عن أي نظير فان طاقتها يمكن أن تتخذ أيه قيمه ابتداء من الصفر وحتى القيمة القصوى لكل نظير.ويرجع السبب في ذلك إلي انه بالإضافة إلي جسيم بيتا يصدر جسيم أخر وهو النيوترينو أو النيوترينو المضاد, ولكن تكون طاقة التفكك الناتجة الكلية ثابتة وتحكمها العلاقة التالية:

بالنسبة للتفكك الالكتروني يعطي ب:

$$E = \{{}^{A}_{Z}m - ({}_{Z+1}^{A}m + me)\}c^{2}$$

أما التفكك البوزيتروني يعطي ب:

$$E = \{{}^{A}_{Z}m - ({}_{Z-1}^{A}m + me)\}c^{2}$$

وتتوزع طاقة التفكك في كلا الحالتين بين الناتجين وهما الإلكترون والنيوترينو المضاد في حالة التفكك الالكتروني, وبين البزيترون والنيوترينو في حالة التفكك البزيتروني.[10]

(1-4-3) مدي دقائق بيتا: Range of beta particles

إن السمك الأقصى الذي تقوم جسيمات بيتا باختراقه يدعي المدى (Range), والمدى يحدد لوسط عام له وحدة الكثافة, لان اختراق جسيمة بيتا يعتمد بالدرجة الأولي علي كتلة المادة التي تعبر خلالها وانه لا يعتمد بصوره كبيره علي الخواص الذرية كالعدد الذري.[2]

(1-5) أشعة جاما Gamma Rays :

أشعة جاما هي أشعه كهرومغناطيسية وبذلك تشبه الموجات الضوئية ماعدا أن طول موجتها اقل بكثير عن الطول ألموجي للضوء.

وتنبعث أشعة جاما من النوى المشعة علي شكل حزمات من الطاقة هي الفوتونات (Photons) وعادة يصاحب إطلاق جسيمات بيتا من نفس المستوي وتكون لها طاقات من نفس المجال.وقد تبلغ طاقة أشعة جاما عدة آلاف من الإلكترون فولت إلي عدة ملايين.[2]

في اغلب الأحيان تكون النوى الوليدة الناتجة عن تفكك ألفا أو تفكك بيتا أو النوى الناتجة عن أي عمليه نوويه كالتفاعلات النووية مثلا في الحالة المثارة أو المتهيجة, والحالة المثارة تعني أن النواة تكون لها طاقه اعلي من طاقتها في الحالة الأرضية المستقرة وللتخلص من طاقة الإثارة تصدر أشعه كهرومغناطيسية تعرف بأشعة جاما.ويحدث ذلك بانتقال النواة من الحالة المثارة إلي الحالة الأرضية إما بشكل مباشر (طفرة واحده) أو علي شكل مراحل متعددة.

(1-5-1) أطياف أشعة جاما :

يوجد نوعان لأطياف أشعة جاما هما :

- الطيف الخطي الحاد
- الطيف المستمر (أشعة الفرملة).

وكلا النوعين ينبعثان بانبعاث جسيمات بيتا من النوى, أما الطيف المستمر أو أشعة الفرملة فيمكن أن يكون لها مصدران مختلفان:

- **الأول:** أشعة الفرملة الخارجية: وهي شبيهه بإنتاج الأشعة السينية ذات الطيف المستمر في أنبوبة الأشعة السينية ويسمي هذا النوع من الإشعاع المستمر الصادر من المادة الباعثة لجسيمات بيتا يسمي بأشعة الفرملة الخارجية.

- **الثاني**: أشعة الفرملة الداخلية: ويرجع أصل هذا النوع إلي إعادة ترتيب الشحنات في النواة نتيجة لانبعاث جسيم بيتا ويسمي أشعة الفرملة الداخلية.

ويمكن تصنيف أطياف الأشعة السينية حسب طاقاتها كما يلي:

- أشعة جاما قليلة الطاقة (γ_1): Low-Energy Gamma-Rays

حيث تكون طاقة أشعة جاما اقل من أو تساوي 0.3 Mev

- أشعة جاما متوسطة الطاقة (γ_2): Intermediate-Energy Gamma-Rays

تكون طاقتها محصورة بين Mev (2 - 0.3).وتمتلك γ_2 قدره علي اختراق البلورة قبل أن تتداخل معها اعلي من γ_1 وذلك بسبب طاقتها العالية.

- أشعة جاما عالية الطاقة (γ_3) High-Energy Gamma-Rays

في هذه الحالة تكون طاقة أشعة جاما اكبر من أو تساوي 2Mev.ويمكن أن تمر أشعه جاما ذات الطاقة العالية التي تتراوح بين 2.5-5)Mev) خلال بلوره صغيره دون تداخل.[6]

جدول يوضح بعض الخواص الرئيسة لألفا وبيتا وجاما [7]

الخاصية	جسيمات ألفا (α)	جسيمات بيتا (β)	أشعة جاما(γ)
الاختراق (النفاذ)	ضئيل	كبير	بالغ
المجال في الهواء	بضع سنتمترات	عشرات السنتمترات	العديد من الأمتار
الشحنة	موجبه	موجبه أو سالبه	لا يوجد
الانحراف بالحقول الكهربية أو المغناطيسية	بعض الشيء	كبير	لا يوجد

التأين	10000	1000	1
السرعة	0.5 c	0.9 c	c
الكتلة	ثقيلة	خفيفة	بلا كتله
الطبيعة	نوى الهليوم	الكترونات	أشعه كهرومغناطيسية

حيث: $\mathbf{c} \equiv$ سرعة الضوء

(1-6) الأشعة السينية: X-Rays

الأشعة السينية عي عبارة عن أشعه كهرومغناطيسية طول موجتها حوالي واحد انجستروم (1 انجستروم).والمصدر العام لهذه الأشعة هو إيقاف الكترونات طاقتها عاليه بجعلها تصدم هدفا فلزيا.

الأشعة السينية تشبه إلي حد كبير موجات الضوء ولكن طولها ألموجي اقصر كثيرا و تشترك الأشعة السينية و الضوء المرئي في كثير من الخصائص.فمثلاً تنتقل الأشعة السينية بسرعة الضوء 299.792 K\S، كما أن كلاً من الأشعة السينية و الضوء المرئي، يتحركان في خطوط مستقيمة على هيئة طاقة كهربائية وطاقة مغنطيسية مرتبطتين بعضهما ببعض يكونان معًا الموجات الكهرومغناطيسية.

(1-6-1) كيفية إنتاج الأشعة السينية:

تنتج الأشعة السينية كلما تعرضت الإلكترونات ذات الطاقة العالية لفقد فجائي للطاقة.وتقوم أجهزة إنتاج الأشعة بزيادة سرعة الإلكترونات إلى سرعات عالية جدًا، ثم جعلها ترتطم بقطعة من مادة صلبة تسمى الهدف، حينئذ تبطئ الإلكترونات فجأة بسبب اصطدامها بالذرات في الهدف، ويتحول جزء من طاقتها إلى أشعة سينية.ويسمي الأطباء الأشعة السينية الناتجة برمشتراهلونغ وهي مأخوذة من الكلمة الألمانية التي تعني كبح الإشعاع.

تطرد بعض الإلكترونات ذات الطاقة العالية إلكترونات أخرى من مواقعها المعتادة، في ذرات الهدف. وعندما تعود هذه الإلكترونات المطرودة إلى مواقعها أو تحتل هذه المواقع إلكترونات أخرى تنتج أشعة سينية أيضًا.ويسمي الفيزيائيون هذه الأشعة الأشعة السينية المميزة.وللبرمشتراهلونغ مدى واسع من الطول الموجي، أما الأشعة السينية المميزة فلها طول موجي معين يعتمد على التركيب الإلكتروني للذرة الصادرة عنها الأشعة.

وتنتج الأشعة السينية بوساطة أنابيب الأشعة السينية ذات التفريغ العالي للاستخدامات الطبية والصناعية العديدة.وتتركب هذه الأنابيب من إناء زجاجي محكم بداخله قطبان كهربيان أحدهما موجب والآخر سالب، مثبتان داخليا بإحكام.ويحتوي المهبط أي القطب السالب، على ملف صغير من السلك بينما يتكون المصعد أي القطب الموجب من كتلة من فلز.ويكون المهبط والمصعد في معظم أنابيب الأشعة السينية من التنجستن، أو فلز مشابه يمكن أن يتحمل درجات الحرارة العالية.

وعندما يتم تشغيل أنبوبة الأشعة السينية، يسري تيار كهربائي خلال المهبط يسبب توهجًا حتى يصير أبيض بسبب الحرارة. وتسبب الحرارة انطلاق الإلكترونات من المهبط وعندما تصطدم الإلكترونات بالهدف، تنتج الأشعة السينية كما تنطلق حرارة.وتنطلق الأشعة السينية من الهدف في اتجاهات كثيرة، ولكن معظمها يتم امتصاصه بوساطة غطاء الأنبوبة، وهو صندوق فلزي يحيط بالأنبوبة. ويوجد بأحد جوانبه نافذة صغيرة يخرج منها شعاع دقيق من الأشعة السينية، يمكن تصويبه إلى أي جسم يراد تسليط الأشعة السينية عليه.وتصبح الأشعة السينية أكثر اختراقًا كلما زادت سرعة الإلكترونات. ويتم التحكم برفع أو خفض الجهد عن طريق صندوق تحكم.وتستخدم الأشعة السينية الناتجة من هذه الأجهزة في الأغراض الطبية وأغراض البحث العلمي.

(1-6-4) خصائص الأشعة السينية:

يحتوي الإشعاع الكهرومغنطيسي ذو الطول الموجي القصير على طاقة أكبر من الإشعاع الكهرومغنطيسي ذي الطول الموجي الطويل.وللأشعة السينية أقصر الأطوال الموجية وأعلى الطاقات مقارنة بغيرها من أنواع الإشعاع الكهرومغنطيسي.

ويرجع كثير من الخصائص المهمة للأشعة السينية إلى قصر طولها الموجي وكبر طاقتها.ويمكن مقارنة سلوك الأشعة السينية بسلوك الضوء المرئي.فعلى سبيل المثال، تخترق الأشعة السينية المواد بعمق أكثر من اختراق الضوء العادي لها، بسبب ارتفاع طاقتها عن طاقة الضوء بدرجة كبيرة. كما أنه لا يمكن عكسها بسهولة بوساطة مرآة، كما يحدث للضوء لأن طاقتها العالية تجعلها تخترق المرآة بدلا من انعكاسها على السطح.

ولا تتكسر أي لا تنحني الأشعة السينية كثيرًا عندما تنتقل من مادة إلى مادة أخرى، كما يفعل الضوء عندما ينتقل من الهواء إلى الزجاج.فالضوء ينكسر بوساطة العدسة بسبب تفاعل موجات الضوء مع الإلكترونات الموجودة في ذرات العدسة.ولكن للأشعة السينية طولاً موجيًا قصيرًا بحيث إنها تمر من خلال مواد كثيرة دون أن تتفاعل مع الإلكترونات فيها. و عندما تسقط الأشعة السينية على مادة فإن المادة تمتصها عند اصطدامها بالإلكترونات الموجودة في ذرات المادة.وعدد الإلكترونات في ذرة يساوي عددها الذري.ولذا فإن المواد التي تكون ذراتها ذات عدد ذري كبير تمتص الأشعة السينية بدرجة أكبر من المواد التي تكون ذراتها ذات عدد ذري صغير. فالرصاص، وله عدد ذري 82 ويمتص الأشعة السينية بدرجة أكبر من مواد أخرى كثيرة.

(1.1) النيوترون: Neutron

هو جسيم أولي (دون ذري) لا يحمل شحنه كهربائية كتلته تساوي تقريبا كتلة البروتون ويوجد في أنوية الذرات، كما يوجد خارجها حيث يدعي النيوترون الحر[1].وقد تم اكتشاف النيوترون من قبل العالم (شادويك)* عام 1932م عندما قذف البريليوم بجسيمات ألفا الناتجة من تحلل البولونيوم.

(1.1.1) اكتشاف النيوترون:

بعد اكتشاف النشاط الإشعاعي في بداية القرن الماضي تكاثفت الجهود العلمية لدراسة الإشعاعات النووية وإجراء التجارب لمعرفة خصائصها.فأدت تجارب قذف العناصر الخفيفة خاصة الليثيوم (Li) والبور ون (B) والبريليوم (Be) بجسيمات ألفا في بداية الثلاثينيات إلي اكتشاف جسيم جديد له خصائص غير معروفة سابقا.وكللت التجارب التي قام بها شادويك بالنجاح عندما قذف البريليوم بجسيمات ألفا فكان الناتج جسيمات جديدة متعادلة الشحنة لم تكن معروفه من قبل أطلق عليها النيوترونات[2].

وقد قامت التجارب لمعرفة خصائص هذا الجسيم وهذا ما تم فعلا حيث تم دراسة التفاعل بين الجسيمات والنيتروجين وتم التوصل للاتي:

- بدراسة مسار هذه الجسيمات وتطبيق ميكانيكا التصادم أمكن استنتاج كتلة النيوترون والتي تقارب إلي حد كبير كتلة البروتون.
- بدراسة مسارات النيوترونات تم التأكد من كونها متعادلة الشحنة إذ لا قدرة لها علي إحداث تأين مباشر[3]

---

[1] الموسوعة العالمية ويكيبيديا

* السير جيمس شادويك (20اكتوبر 1891م_24 يوليو1947م) فيزيائي انجليزي حائز علي جائزة نوبل

[2] الكيمياء النووية ج2

[3] الموسوعة العالمية ويكيبيديا

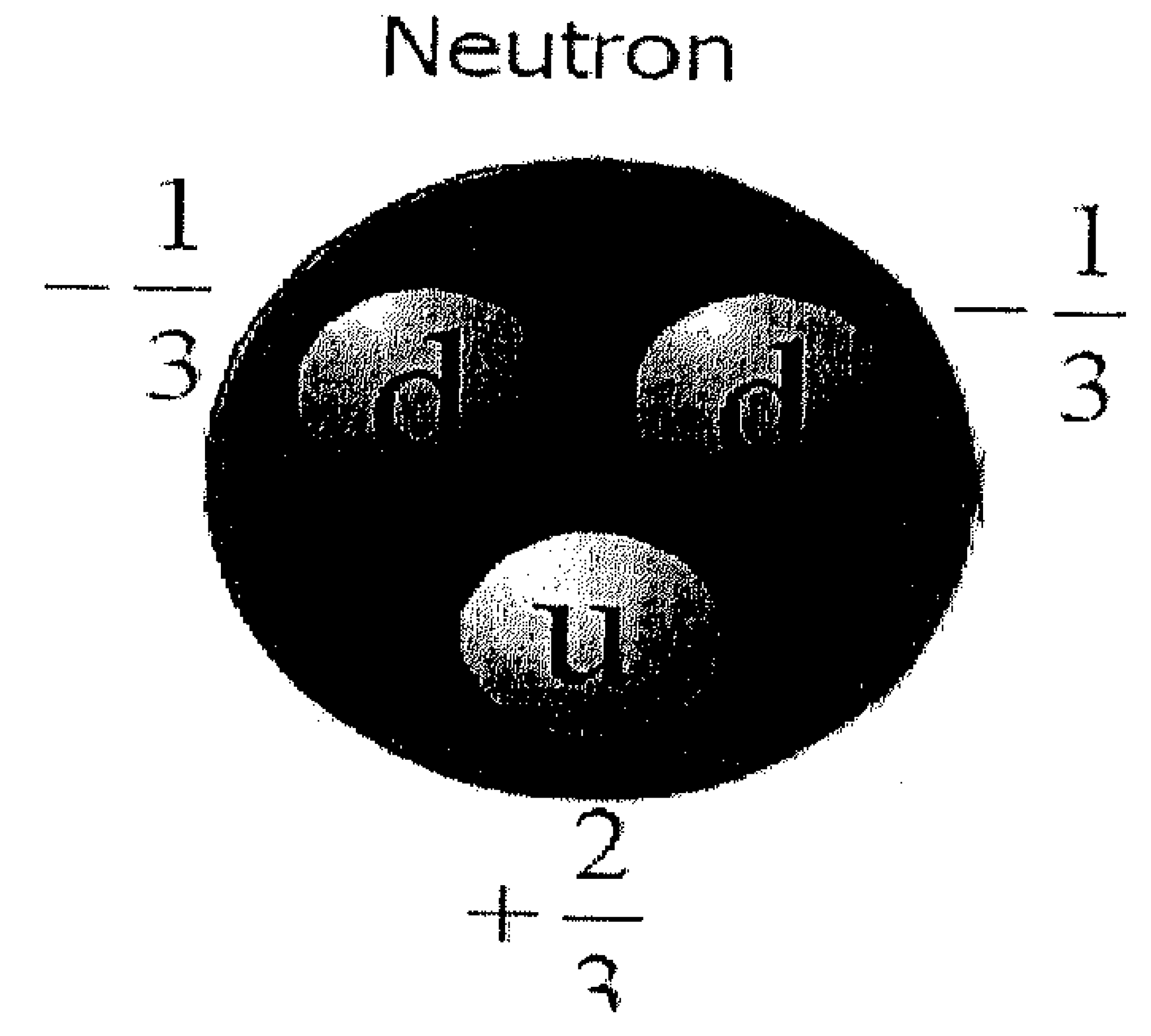
(2-1-1) النيوترون الحر:

هو نيوترون يوجد خارج النواة وهو نيوترون غير مستقر له متوسط عمر قدره 886 ثانيه يتحلل بعدها إلي بروتون وإلكترون [1]

(2-1) خصائص النيوترون:

يمكن تلخيص خصائص النيوترون فيما يلي:

1. أثبتت تجارب التصادم للجسيمات أن النيوترون ليس جسيم أولي مثل البروتون وان كلاهما يتكون من جسيمات أوليه تدعي الكواركات.



2. أثبتت التجارب أن النيوترون من فئة الفرميونات مثل البروتون حيث لكل منهما ثلاثة كواركات مختلفة النوع وهما مكونان أساسيان لنواة المادة.
3. دلت التجارب للتشتت أن كتلة النيوترون اكبر من كتلة البروتون إذ تقدر ب 1.008667 وحدة كتل ذريه، وهذه الكتلة تعادل طاقه مقدارها 939.00 مليون إلكترون فولت[2]

---

[1] الموسوعة العالمية ويكيبيديا

[2] الموسوعة العالمية ويكيبيديا

الجدول(1-1) يوضح بعض خصائص النيوترون والبروتون

الجسيم	الكتلة (a.m.u)	الشحنة	المكونات
النيوترون	1.0078	0	2كوارك تحت+1 كواوك فوق
البروتون	1.0073	1	2كوارك فوق+ 1كوارك تحت

4. يمكن للنيوترون الحر أن يتحلل منتجا بروتون وجسيمات بيتا السالبة وضديد النيوترينو كما في المعادلة

$$n \rightarrow P + e + ve$$

5. للنيوترون قدره عاليه علي النفاذ خلال المواد والطريقة الوحيدة لتغيير مسار النيوترون هي بوضع نواه في مساره، حيث يتم تصادم تام المرونة.لكن احتمال تصادم نيوترون متحرك بنواة احدي الذرات في المادة ضعيف جدا بسبب الفرق الهائل بين حجم النواة وحجم الذرة علما بان نواة الذرة اصغر بكثير من حجم الذرة (أي الذرة تحتوي فراغا كبيرا) مما يعطي النيوترونات قدره كبيره علي الاختراق[1]

6. تستخدم النيوترونات في شطر أنوية اليورانيوم في المفاعلات النووية

7. نصف عمر النيوترون $T\ 1/2=12.8$ دقيقه إلا أن هذا التفكك يكون نادرا لان النيوترون يقطع مسافة كبيره جدا في هذه المدة وغالبا ما يتم تفاعله بطريقة ما أو بأخرى مع النوى المحيط بها

8. النيوترونات من ضمن الإشعاعات الضارة بالجسم إذا زادت جرعتها.وتستخدم النيوترونات أحيانا لتعقيم البذور الزراعية[2]

---

[1] الفيزياء النووية احمد الناغي ص(234)

[2] المرجع السابق ص (234)

(1-3) انواع النيوترونات وتصنيفها:

هناك عدة أنواع من النيوترونات وهي تلك المتولدة نتيجة قصف الدقائق المشحونة الموجبة المعجلة لبعض النوى وتلك المرافقة للانشطار النووي وسنحاول تصنيف النيوترون علي منهجين:

- الأول: تصنيف النيوترونات حسب زمن تولدها
- الثاني: تصنيف النيوترونات حسب طاقتها

اولا: تصنيف النيوترونات حسب زمن تولدها:

وسنذكر هنا أهم هذه الأنواع وهي:

1. نيوترونات ما قبل الانشطار النووي:

تنبعث هذه النيوترونات من النواة بسبب امتلاكها طاقة إثارة قبل انشطارها مما يسبب نقص علي حاجز الانشطار وبذلك لا تنشطر النوى ونسبة هذه النيوترونات حوالي 10% من مجموع النيوترونات المتحررة من جميع مراحل الانشطار النووي

2. النيوترونات المركزية:

تنبعث هذه النيوترونات بلحظة الانشطار النووي وتدعي أحيانا بنيوترونات الانشطار، وتقدر بحوالي 30% من مجموع النيوترونات المتحررة لجميع مراحل الانشطار النووي.والمعلومات المتوفرة عن هذه النيوترونات قليله[1]

3. النيوترونات المتأخرة:

تنبعث هذه النيوترونات من النوى المتولدة نتيجة الانشطار النووي وتفقد معظم طاقتها بتوليد النيوترونات الفورية

---

[1] اسس الكيمياء النووية ص(37)

وانبعاث أشعة جاما وتساوي نسبة هذه النيوترونات حوالي 1% من المجموع الكلي للنيوترونات المتحررة في جميع مراحل الانشطار النووي

4. النيوترونات الفورية:

تنبعث هذه النيوترونات من النوى المتولدة نتيجة الانشطار النووي وهذا النوع من النيوترونات يشكل نسبه عاليه وتتولد معظمها خلال الانشطار النووي وتحمل طاقه مقدارها مليوني إلكترون فولت(1)

ثانيا: تصنيف النيوترونات حسب طاقتها:

غالبا ما تكون طاقة الجسيمات ألفا وبيتا الناتجة من النشاط الإشعاعي كبيرة نسبيا حيث أن اقلها حوالي (20Kev) مما يجعل سرعتها كبيره.أما جسيم النيوترون فبإمكانه أن يتخذ طاقات متعددة صغيرة وكبيرة جدا مما يترجم بسرعات متفاوتة وتساعد علي تصنيفه إلي فئات وهي كما يلي:

1. النيوترونات الحرارية:

عندما تخترق النيوترونات مادة ما فإنها تأخذ بالتصادم مع أنوية المادة حيث ينتج عن ذلك فقد في الطاقة وباستمرار التصادم يستمر فقد الطاقة حتى تصل هذه النيوترونات إلي اتزان حراري مع جزيئات المادة فإذا كانت درجة حرارة المادة هي درجة حرارة الغرفة فان هذه النيوترونات تسمي بالنيوترونات الحرارية.

2. النيوترونات البطيئة والمتوسطة:

تفوق طاقة النيوترونات البطيئة والمتوسطة 0.5ev ولهذه الطاقة خاصية حيث أن عنصر الكادميوم (Cd) يمتص كل النيوترونات التي لها طاقة اقل منها ويصبح شفاف للنيوترونات التي طاقتها اكبر منها وتسمي النيوترونات التي تتراوح طاقتها بين (0.5ev) إلى (1.0Kev)بالنيوترونات البطيئة والمتوسطة.

---

[1] أسس الكيمياء النووية (علي يس- سهام عبد الجبار)ص(37)

3. النيوترونات السريعة:

تفوق طاقة النيوترون السريع 0.5Mev وينتج هذا النوع من تفاعل نيوترون وبعض المواد

4. النيوترونات النسبية:

هي النيوترونات التي تتجاوز طاقتها (20Mev) وهي نادرة جدا وتسمى بالنيوترونات النسبية لان سرعتها تقترب من سرعة الضوء[1]

(1-4) حساب طاقة وسرعة النيوترونات:

النيوترونات الحرارية يتبع طاقتها توزيع ماكسويل

$$E = K\,T = {}^{1}/_{2}\, m_n v_0^2 \qquad (1\text{-}1)$$

حيث: K ≡ ثابت بولتزمان $K=1038065\times 10^{-23}\times {}^{joul}/_{Kdegre}$

وT ≡ درجة الحرارة المطلقة بالكلفن

من المعادلة أعلاه يمكن أن نستنتج العلاقة بين سرعة النيوترونات ودرجة حرارتها

$$V_0=1.284\times 10^2\times\sqrt{T}(m\backslash sec)$$

وبتطبيق ذلك عند درجة حرارة ه **(T=20)** نجد السرعة الأكثر احتمالا هي

$$v_0=2200\ m/sec$$

ويكون مقدار الطاقة

$$E={}^{1}/_{2}\, m_n v_0^2=0.025\ ev$$

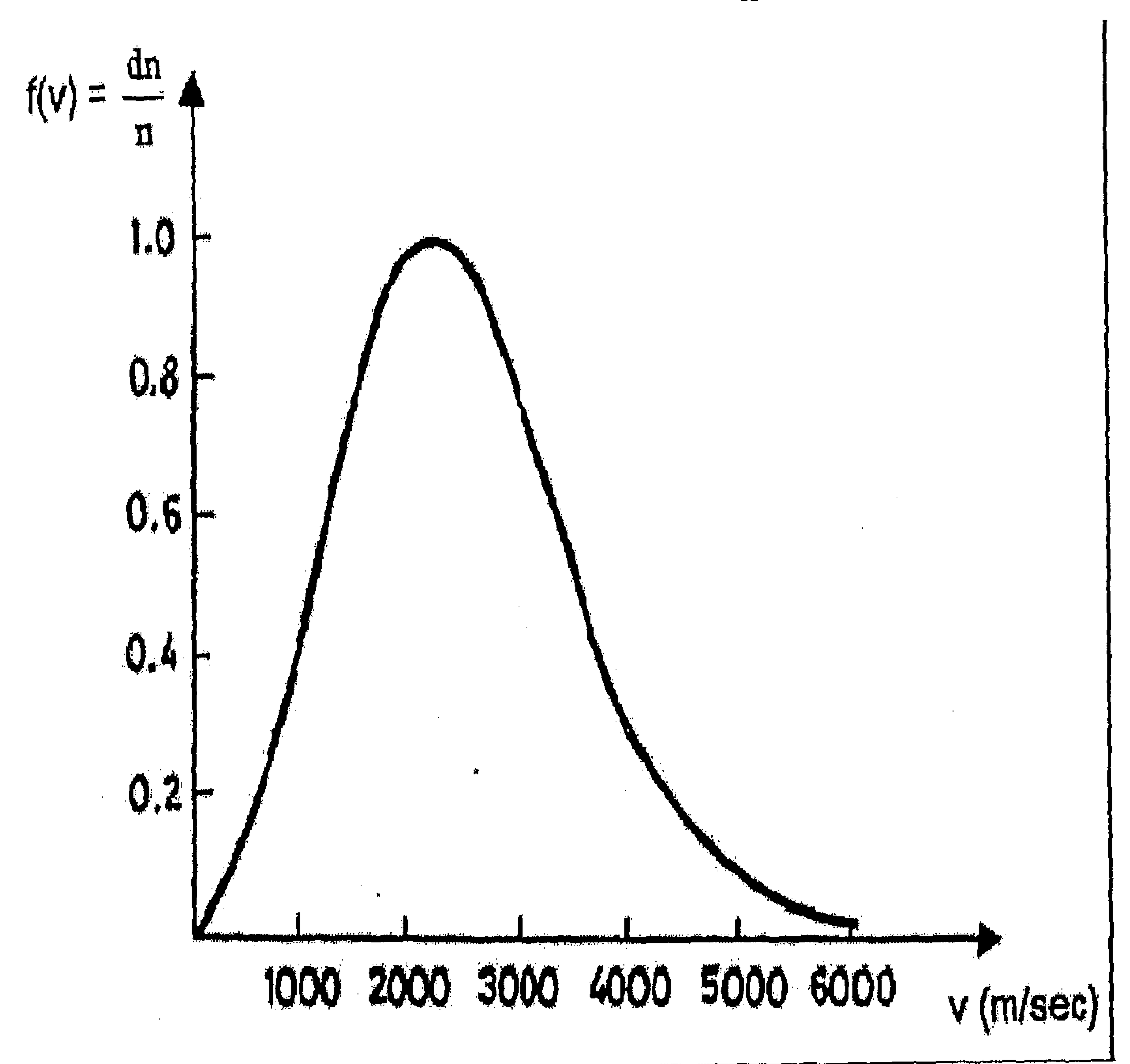
---

[1] الذرة من الإلف إلي الياء- ترجمة عبد الرازق المخزومي ص(294- 296)

كما انه بالإمكان تطبيق قوانين النظرية الحركية للغازات حيث أن توزيع انتشار النيوترونات داخل وسط مادي يخضع لقانون ماكسويل بولتزمان الإحصائي (Maxwell Boltzmann) وفق المعادلة

$$\frac{dn}{n} = \frac{4v^2}{\sqrt{\pi v_0}} \; e^{-\left(v/v_0\right)^2} \;\; dv \quad (1\text{-}2)$$

حيث (dn) يتمثل عدد النيوترونات التي سرعتها بين v و $v+dv$ و n عدد النيوترونات الإجمالي في وحدة الحجم أما v فتمثل السرعة الأكثر احتمالا والتي توجد تحت قيمة المنحني $f(v) = \frac{dn}{n}$ المرسومة علي الشكل (1-1)[1]



[1] مبادئ المفاعلات النووية ص(100)

ملحوظة: كلما زادت سرعة النيوترون قل احتمال اصطدامها بالمادة

الجدول (1-2) يبين بعض خصائص النيوترونات حسب طاقتها وسرعتها ودرجة حرارتها

فئة النيوترونات	الطاقة (ev)	السرعة m/sec	درجة الحرارة (K)
الحرارية	0.025	2.2×10^3	290
البطيئة والمتوسطة	10^4-10	1.4×10^6-1.4×10^4	1.4×10^6-1.2×10^4
السريعة	10^4-10^8	1.3×10^8-1.4×10^7	1.2×10^{10}-1.2×10^8
النسبية	10^{10}	2.9×10^8	1.2×10^{12}

تقنية حساب طاقة النيوترون:

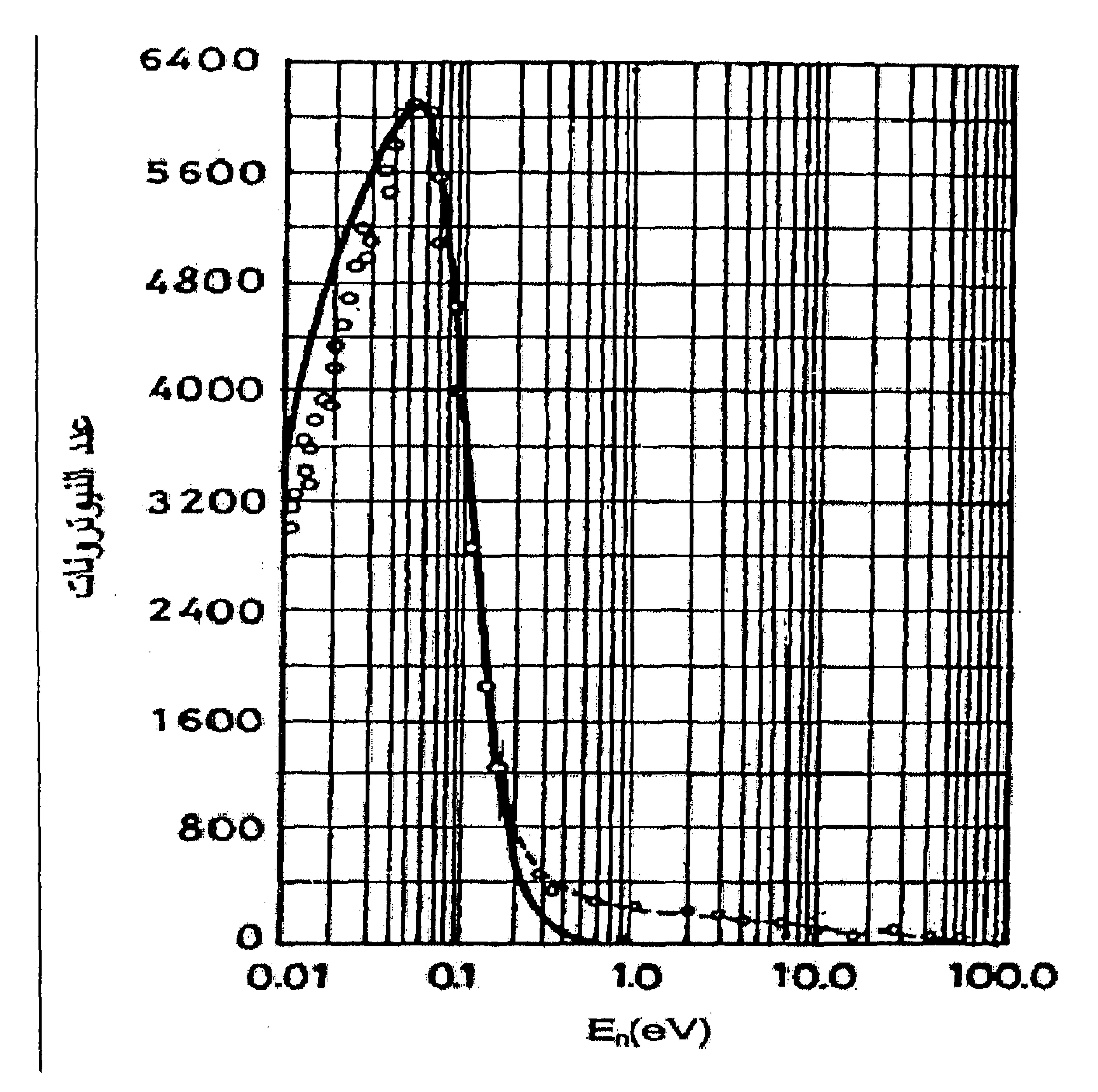
يختلف نوع التقنية حسب طاقة النيوترون ففي:

- حدود ميغا إلكترون فولت: تستخدم تقنية زمن الطيران حيث يترك النيوترون يطير بين نقطتين تفصلهما مسافة وبتعيين زمن الطيران يمكن تقدير سرعة ومن ثم طاقة النيوترون
- الطاقة في حدود الاكترون فولت: تستخدم تقنية حيود النيوترون وقانون براغ وعيه يمكن بناء مطياف بلوري لقياس طاقة النيوترونات الحرارية(1)

---

[1] الموسوعة العلمية ويكيبيديا

الشكل (2-1) يوضح طيف توزيع طاقة النيوترونات الصادرة من احد قنوات مفاعل أبحاث ونلاحظ في هذا الرسم أن الجزء الأول من المنحني (الخط المتصل) يمثل توزيع النيوترونات الحراري أما الجزء الثاني من المنحني (الخط المتقطع) توزيع النيوترونات البطيئة والمتوسطة



(1-5)مصادر النيوترونات: Neutron source

مصدر النيوترونات مصطلح عام يشمل العديد من الأجهزة التي تقوم بعملية إنتاج النيوترونات، بغض النظر عن التقنية المستخدمة في هذه الأجهزة.ويمكن تقسيم مصادر النيوترونات إلي:

1. مصادر ينتج عنها فيض منخفض من النيوترونات: وغالبا ما تعرف بمصدر(ألفا، نيوترون) وتنتج عند قذف ماده مناسبة بجسيمات ألفا.
2. مصادر ينتج عنها فيض عالي من النيوترونات: حيث يستخدم ذلك المفاعلات النووية والمعجلات في الحالة الأخيرة يتم قذف مواد ذات عدد ذري منخفض بالايونات الموجبة المعجلة بواسطة معجلات مناسبة
3. مصادر ينتج عنها نيوترونات بطاقات متماثلة: يتم في هذا النوع تفاعل فوتون جاما مع المادة مع ملاحظة:
   - أن تكون طاقة الترابط النووي لمادة الهدف صغيرة.
   - أن تكون طاقة أشعة جاما اكبر من طاقة الترابط النووي للهدف [1]

   هناك بعض المصادر المهمة والرئيسة نلخصها فيما يلي:

(1- 5- 1) النظائر كمصدر للنيوترونات:

لا توجد في الطبيعة نظائر طبيعية مشعة للنيوترونات ولكن أمكن في السنوات الأخيرة إنتاج نظير الكالفورنيوم $^{252}_{78}cF$ **californium – 252** الذي يعد حتى الآن من النظائر المهمة التي تنتج النيوترونات بعمر نصف يبلغ 2.65 سنه وهنالك عناصر أخري سنعرضها تباعا:

- مصدر الكاليفورنيوم californium – 252 source :

يتم إنتاج (الكاليفورنيوم) في الوقت الحالي في المفاعلات ألنوويه ويتفكك نظير (الكاليفورنيوم) تلقائيا مصدرا جسيمات ألفا وأحيانا قد يتفكك وفقا للمعادلة

[1] مبادئ المفاعلات النووية ص (102)

$$^{252}_{78}CF \rightarrow {}^{251}_{78}CF + {}^{1}_{0}n \quad (1\text{-}3)$$

ويبلغ معدل الانبعاث النيوتروني (2.3×10^{12}) نيوترونا في الثانيه لكل جرام.وللكاليفورنيم نصف عمر طويل نسبيا

وعند استخدام كتلة (1 كيلو جرام) من الكاليفورنيوم فان هذه الكتلة تصدر عددا من النيوترونات مقدارها (2.3×10^{6}) نيوترون في الثانية

- مصدر الراديوم - بريليوم Radium – beryllium source:

يعد هذا المصدر من ارخص المصادر فعند قذف نواة (البريليوم - 9) بجسيم ألفا الصادرة من الراديوم فينطلق نيوترون طبقا للمعادلة:

$$\alpha + {}^{9}_{4}Be \rightarrow {}^{12}_{6}c + n + 5.76\ Mev \quad (1\text{-}4)$$

وعند خلط جرام واحد من الراديوم مع عدة جرامات من البريليوم يمكن الحصول علي مصدر نيوتروني شدته (10^{7}-10^{4}) نيتروناً سريعاً في الثانية.

وطيف النيوترونات الناتجة هو طيف مستمر.ولكن عمر النصف للراديوم 1600 سنه لذا تظل شدة المصدر ثابتة لعدة مئات ممكنة من السنين ولذلك يعد هذا المصدر من المصادر المهمة و العلمية.

ويصنع هذا المصدر بخلط مسحوق المادة المشعة والمادة الخفيفة لزيادة كفاءة التفاعل لان مدي جسيمات ألفا قصير جدا كما هو معروف ويعد البريليوم من أكثر المواد استعمالا لان له كفاءة تفاعل عالية وتفاعله منتج للطاقة[1]

[1] الفيزياء النووية والإشعاعية

جدول (1-3) بعض التفاعلات النووية المولدة للنيوترونات

نوع الإشعاع الساقط	عنصر الهدف	طاقة البد(Mev)	الناتج
دقائق الفا	البريليوم - 9	—	الكاربون - 12
دقائق ألفا	الليثيوم- 7	—	البورون – 10
البروتونات	التريتيوم	1.19	الهيليوم – 3
البروتونات	الليثيوم	1.88	البريليوم – 7
أشعة اكس وجاما	البريليوم – 9	1.67	البريليوم - 8
أشعة اكس وجاما	اليورانيوم - 238	6.00	اليورانيوم - 237

(2-5-1) معجلات الجسيمات المشحونه كمصادر للنيوترونات:

Charged parthcles accelerators as nutron sources

يمكن الحصول علي نيوترونات ذات طاقة محددة وذلك بقذف بعض النوى الخفيفة بالجسيمات المشحونة حتى طاقة معينة طبقا للمعادلات التالية:

$$ {}_1^2H + {}_1^2H \rightarrow {}_1^2H + n + 3.29\ Mev $$

$$ {}_1^1H + {}_3^7Li \rightarrow {}_4^7Be + n - 1.646\ Mev $$

$$ {}_1^2H + {}_1^3H \rightarrow {}_2^4H + n + 17.6\ Mev $$

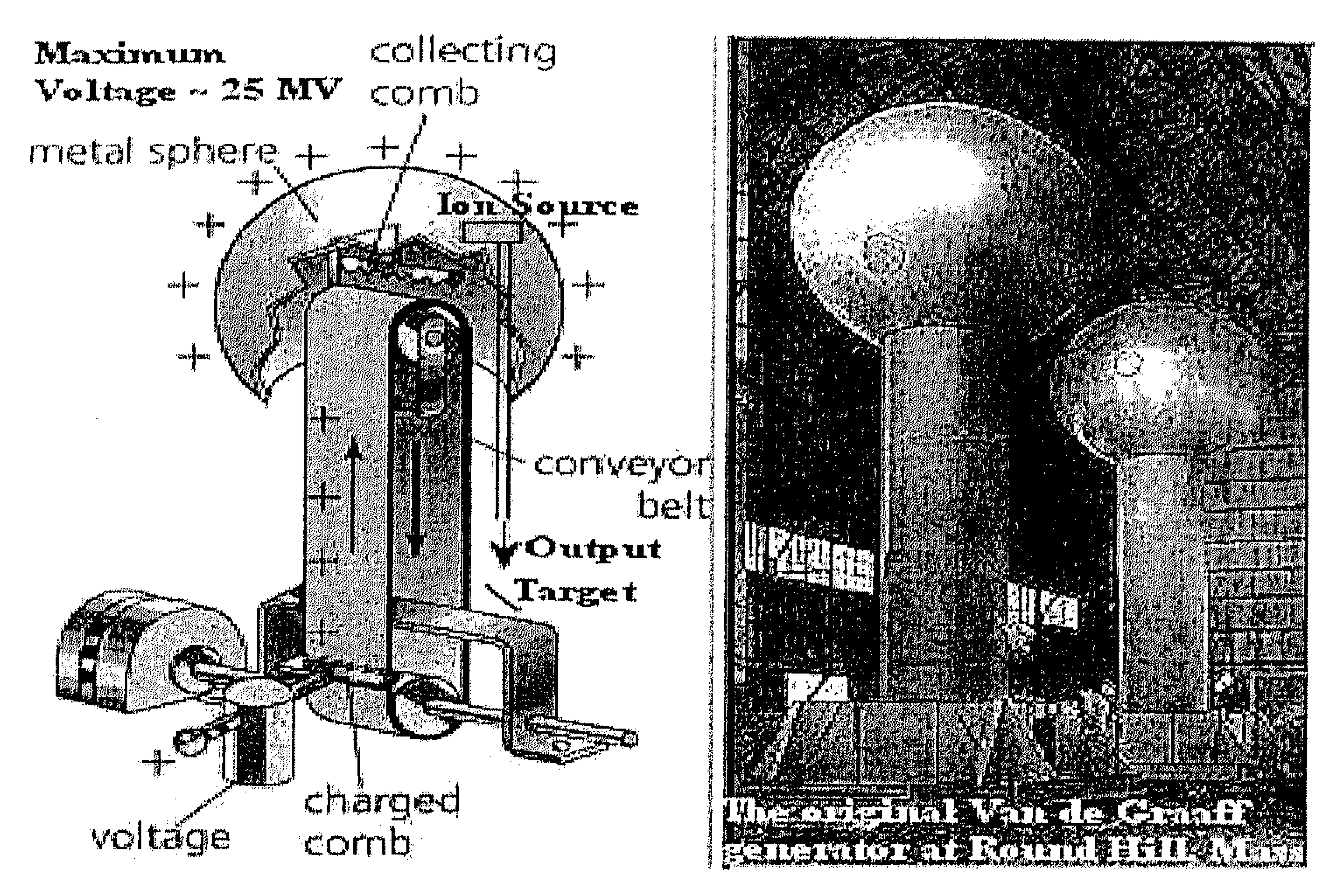
$$ {}_1^2H + {}_6^{12}C \rightarrow {}_7^{13}N + n - 0.26Mev $$

$$ {}_1^2H + {}_4^9Be \rightarrow {}_5^{10}B + n + 4.35\ Mev $$

وباختيار التفاعل المناسب يمكن الحصول علي النيوترونات بالطاقة المطلوبة وبشكل عام يمكن اختيار التفاعل الثالث وبشكل كبير في عمل المصادر التي يطلق عليها مولدات النيوترونات ويتم فيها تعجيل الديوترونات حتى 150 كيلو إلكترون

فولت ثم يقذف بها هدف التريتيوم فتخرج النيوترونات بطاقة 14.1 ميجا إلكترون فولت [1]

صوره للمعجلات النووية ومولد فانجراف



(1-5-3)المفاعلات النوويه كمصادر للنيوترونات:

منذ أن صمم أول مفاعل نووي وتعتبر المفاعلات النووية منابع النيوترونات الأكثر شدة وفي المفاعلات يولد الانشطار الواحد نيوترونا طاقه مقدارها 200Mev ويتولد في الثانية أكثر من ( ) نيوترونا وتتميز بفيض عالي يتراوح لين (-) نيوترون في الثانية

علي أي حال لا يستفاد في التجارب إلا من جزء صغير جدا من هذه النيوترونات والجدير بالذكر أن المفاعلات النووية تنتج كميات كبيره جدآ من مختلف فئات النيوترونات[2]

---

[1] الفيزياء النووية والإشعاعية

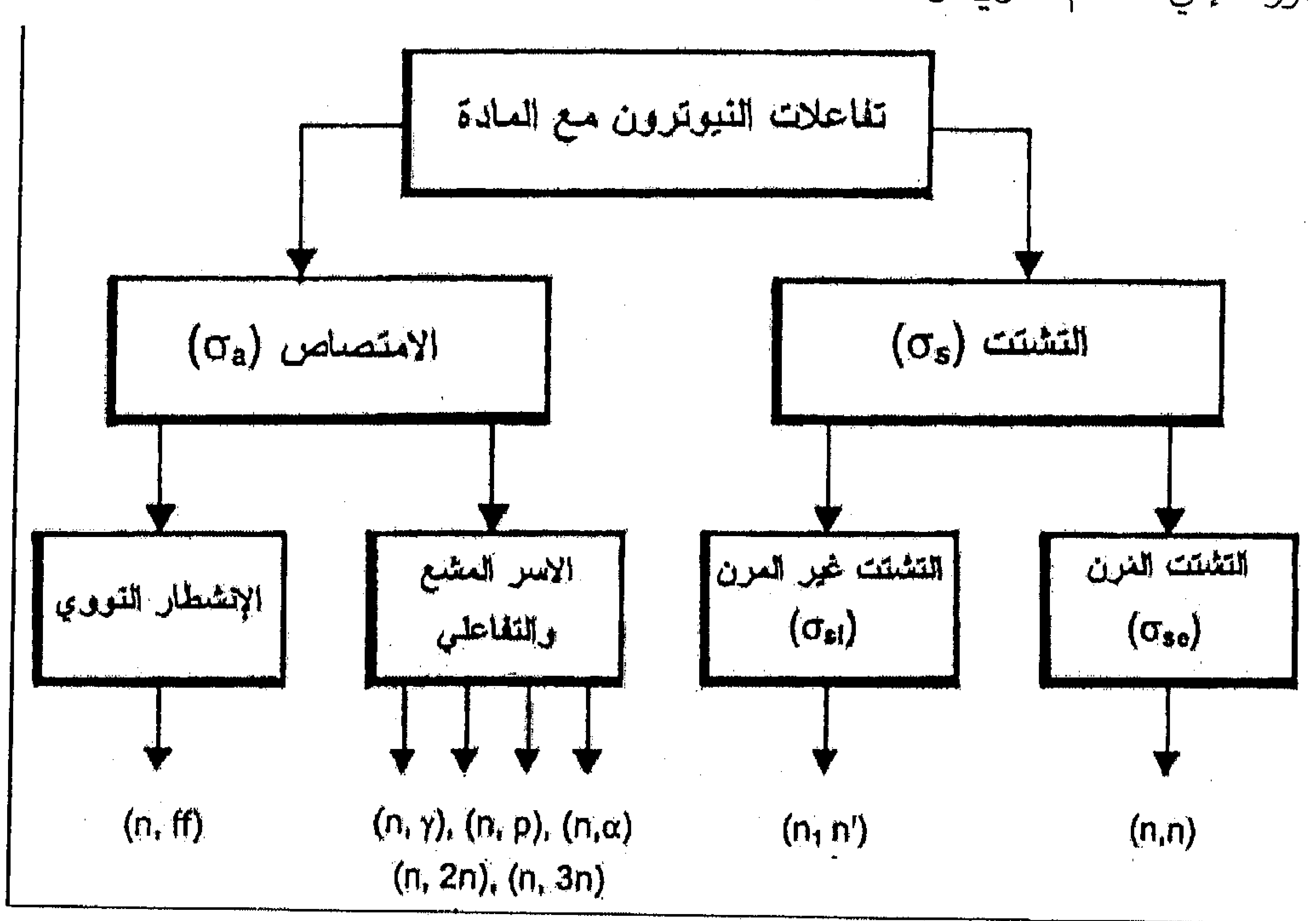
[2] اساسيات الفيزياء الحديثة –غازي يس

التفاعل المتبادل بين النيوترونات والمادة

Interaction of neutron with matter

علمنا أن النيوترون جسيم متعادل الشحنة وهذا ما جعل له خاصية اختراق ذرات المواد فهو لا يدخل في التعامل مع الحاجز الكولمي للذرة وبذلك يستطيع الوصول إلي النواة دون تفاعل مع الالكترونات أي يتفاعل مع النواة مباشرة.قليل من هذه التفاعلات سطحي وأكثرها يتم داخليا حيث يتفاعل النيوترون مع مكونات النواة مسببآ فقدان اتزانها وربما انشطارها أحيانا.

من هنا يمكننا تقسيم تفاعل النيوترونات إلي نوعين أساسين يمكن أن تتفرع بدورها إلي أقسام أخري والشكل (2- 1) يبين ذلك



الشكل(2-1): يوضح تقسيم يشمل تفاعلات النيوترونات مع المادة

ملحوظه: غالبا ما يجري التعبير عن التفاعلات النووية باستخدام رمز مختصر مميز فيها الجسيمات الداخلية بتسلسلها كالآتي:

الجسيم الهدف، ثم الجسيم القاذف، ثم الجسيم المطرود، ثم الجسيم الناتج، ويوضع بين قوسين يتضمن رمز الجسيم القاذف والجسيم المطرود مثل $(n, \ p)$ أو (n , α) وغيرها أي أن القاذف نيوترون والناتج بروتون [1]

(2-1) تفاعل النيوترون: neutron Interaction

تحتوي جل تفاعلات النيوترون مع المادة سواء إثناء التشتت أو الامتصاص علي مرحلتين

- الأولى: في اتحاد النيوترون مع النواة لتكوين ما يسمي النواة المركبة والتي تكون دائما في حالة إثارة
- الثانية: التخلص من الطاقة الزائدة حيث تتفكك النواة المركبة بالطرق المتاحة كما هو موضح في المعادلة(2-1)[2]

$$ {}_0^1\mathrm{n} + \mathrm{Z}^{\mathrm{A}} = \mathrm{Z}^{\mathrm{A+1}}.\mathrm{X}^* \quad (2-1) $$

❖ تعني أن النواة مركبه

(2-2) تشتت النيوترونات: scaltering

ينقسم تشتت النيوترونات أو تبعثر النيوترونات إلي نوعين أساسيين إما تشتت مرن أو تشتت غير مرن

(2-2-1) التشتت المرن: elastic (n, n)

في هذه الحالة يسقط النيوترون علي النواة بحيث يعطيها جزء من طاقته ويتشتت هو بطاقة اقل من طاقته الابتدائية بينما ترتد النواة بطاقة تساوي تلك المنتقلة إليها

---

[1] الفيزياء الحديثة للجامعات ص(284)

[2] مبادئ الفيزياء النووية (سعدي الجعفري وسعيد سليمان)ص (101)

بالتصادم ويسمي هذا التصادم بالمرن لان كمية وطاقة الحركة محفوظتان قبل وبعد التصادم[1]

وينقسم هذا النوع من التفاعل بدوره إلي ثلاثة أقسام

1. التشتت المرن المجهري:

حيث يتفاعل النيوترون مع سطح النواة ولا يدخلها.ويتم في هذا تشتت تبعثر الموجة المصاحبة للنيوترون من طرف حقل النواة فيتغير اتجاه النيوترون بعد أن يفقد جزء من طاقته الحركية .والطاقة الحركية للنيوترون التي يفقدها تعتمد علي كتلة نواة الهدف وزاوية التصادم.[2]

2. التشتت المرن الرنيني:

حيث يدخل النيوترون النواة مكونان معا النواة المركبة التي تتميز بمستويات طاقه الإثارة المتعددة، ويخرج النيوترون بعد ذلك من النواة تاركا جزء من طاقته الحركية أيضا في عملية التشتت هذه[3]

3. التشتت المرن التداخلي:

حيث تتداخل مستويات طاقة النواة المركبة ويختفي الرنين الذي بالقسم الثاني من التشتت، وفي التشتت المرن التداخلي يخرج النيوترون أيضا من النواة المركبة بعد أن يفقد جزء من طاقته الحركية[4].

ويستخدم التبعثر المرن للنيوترونات في الكشف عن النيوترونات السريعة وذلك بملاحظة اثر النواة المرتدة (غابا البروتونات المرتدة) باستخدام الغرفة السحابية [5]

كما يلعب التبعثر المرن دورا هاما في عملية تهدئة النيوترونات السريعة في المفاعلات النووية وهذا سنتطرق إليه في الفصل القادم[6]

---

[1] مبادئ الفيزياء النووية (سعدي الجعفري وسعيد سليمان)ص (90)

[2] مبادئ المفاعلات النووية ص(62)

[3] مبادئ المفاعلات النووية ص (62)

[4] مبادئ المفاعلات النووية ص(63)

[5] الفيزياء النووية (احمد الناغي) ص(241)

[6] المرجع السابق ص (241)

(2-2-2) التشتت غير المرن: inelastic (n, n)

يتميز التشتت غير المرن بعدم حفظ الطاقة الحركية في التفاعل ولا يحدث إلا عندما يحمل النيوترون طاقة حركية كافية تمكنه من دفع طاقة النواة المركبة وبعد ذلك تتفكك النواة المركبة بإصدار نيوترون جديد وتعود إلي مستوي الاستقرار

الطاقة الحركية اللازمة لإتمام التشتت غير المرن تسمي بعتبة التفاعل ولقد تثبت إنها تنقص كلما ازدادت كتلة نواة الهدف وعلي سبيل المثال فان عتبة التشتت غير المرن لكربون C^{12} تساوي 4.8Mev أما للعناصر الثقيلة مثل U^{238} فهي تساوي 44 K ev فقط

إذا يمكننا أن نقول أن في التشتت ألا مرن وعند سقوط النيوترون علي النواة فانه يعطها جزيء من طاقته تستخدم لإثارتها أولا ثم تمتص جزء أخر لتنطلق به بطاقة حركية معينة وليس من الضروري أن يخرج نفس النيوترون الذي دخل النواة [1]

(2-3) امتصاص النيوترونات:

النوع الثاني من أنواع تفاعل النيوترونات مع المادة هو عمليه الامتصاص، وعملية الامتصاص للنيوترونات تشبه إلي حد كبير عملية التشتت غير المرن فيتحد النيوترون (يمتص) النيوترون مع النواة ليكون ما يعرف بالنواة المركبة، ثم بعد ذلك يتم امتصاص النيوترون ويؤثر داخل النواة محاولة العودة إلي الاستقرار، وفي أثناء ذلك يتم امتصاص النيوترون ويؤثر داخل النواة وكأنه احد مكوناتها ولكن عملية الأسر هذه تحدث عدم اتزان للنواة مما يحتم علي النواة إصدار طاقة علي شكل أشعة جاما أو جسيمات مشحونة أو نيوترونات بل وربما انشطارها تماما[2]

ويمكن أن نفصل ذلك فيما يلي:

---

[1] المرجع السابق ص(238)

[2] مبادئ المفاعلات النووية ص(64)

(2-3-1) الاسر المشع $(n.\gamma)$

في هذا التفاعل وبعد أن يقتنص النواة النيوترون الساقط وتتولد نواة في حالة متهيجة تطلق طاقة علي شكل فوتونات جاما ويمثل ذلك بالمعادلة (2-2)

$$ {}_{Z}^{A}X + n \rightarrow {}^{A+1}_{Z}X + \gamma \qquad (2-2) $$

واحتمالية حدوث الأسر الإشعاعي للنيوترونات يكون عالي بالنسبة للنيوترونات البطيئة التي تتراوح طاقتها بين الصفر و500 Kev وهذه التفاعلات تستخدم في الكشف عن هذا النوع من النيوترونات والمعادلة (2-3)كمثال علي ذلك[1]:

$$ {}_{44}^{115}X + n \rightarrow {}_{44}^{116}In + \gamma \qquad (2-3) $$

(2-3-2) الاسر التفاعلي: (n, particles)

تعتبر جل هذه التفاعلات تفاعلات ماصة للطاقة ولذلك لها عينات مختلفة حسب نوع التفاعل وتنقسم إلي:

1/ تفاعلات تنتج عنها انبعاث بروتونات (n, p)

يتم هذا النوع عندما تتراوح طاقة النيوترونات بين 0.5 Mev إلي 10Mev والمعادلة (4-2) تمثل هذا التفاعل[2]

$$ {}_{Z}^{A}X + n \rightarrow {}_{Z}^{A}Y + P \qquad (2-4) $$

ولابد أن تكون طاقة النيوترونات عالية بدرجة كافية حتى تنتج بروتونات بطاقات عاليه تستطيع أن تتغلب علي الحاجز الكولمي للنواة [3]

---

[1] الفيزياء النووية احمد التاغي ص(238)

[2] الفيزياء الحديثة للجامعات ص(285)

[3] مبادئ المفاعلات النووية ص(70)

becomes

$^{1}_{0}$ Neutron + $^{16}_{8}$ O Nucleus $^{16}_{7}$ N Nucleus + $^{1}_{1}$ proton

أمثله علي التفاعل:

$$^{32}_{16}S + n \rightarrow {}^{32}_{15}P + P \qquad (2-5)$$

$$^{14}_{7}N + n \rightarrow {}^{14}_{6}C + P \qquad (2-6)$$

2/تفاعلات ينتج عنها انبعاث اشعة الفا ($n. \alpha$):

هذا النوع من التفاعلات هو أول تفاعل للنيوترونات تم ملاحظته تجريبيا ويتمثل بالمعادلة (2-7):

$$^{A}_{Z}X + n \rightarrow {}^{A-3}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He \qquad (2-7)$$

وهذا النوع من التفاعل يتم مع النيوترونات الحرارية وفيما يلي بعض الامثله علي هذا التفاعل):

$$^{6}_{3}Li + n \rightarrow {}^{3}_{1}H + {}^{4}_{2}H \qquad (2-8)$$

$$^{10}_{5}B + n \rightarrow {}^{7}_{3}Li + {}^{4}_{2}H \qquad (2-9)$$

ويستخدم هذان التفاعلان في الكشف عن النيوترونات وذلك باستخدام غرف التأين [1]

3/التفاعلات التي تؤدي إلي إنتاج نيوكلونين أو أكثر:

إذا كانت طاقة النيوترون اكبر من 10Mev فيمكن أن يحث تفاعل من نوع (n, 3n) و (n, np) و(n.2n) وتستخدم هذه التفاعلات في الكشف عن النيوترونات السريعة [2]

4/تفاعلات انشطاريه (n.ff):

عندما تمتص بعض الانوية النيوترونات فان طاقة الإثارة تصبح كافيه لإحداث ما يسمي بالانشطار النووي وقد وجد أن ذلك يحدث للأنوية الثقيلة وبخاصة اليورانيوم وتعتبر هذه التفاعلات من التفاعلات المنتجة للنيوترونات أيضا[3]

وإذا اختزلنا تقسيم النيوترونات إلي نيوترونات سريعة ونيوترونات بطيئة يكون لكل نيوترون خصائصه التي تجعله يتفاعل مع المادة بإحدى التفاعلات السابقة

- **تفاعل النيوترونات السريعة:**

تتفاعل النيوترونات السريعة مع المادة بأحد القنوات التالية:

- الاستطارة المرنة:

أو التبعثر المرن حيث ذكرنا انه يقذف النيوترون مره أخري من النواة وتعود النواة إلي حالتها الطبيعية

- الاستطارة غير المرنة:

يعاد فيها قذف النيوترون بطاقة اقل من طاقته الأصلية

- تفاعل (n, p):

في هذه الحالة تمتص النواة نيوترون وتقذف بروتون

- تفاعل(n, 2n):

حيث تكون طاقة النيوترون عالية فيؤدي الي انبعاث نيوترونين

---

1 الفيزياء النووية احمد الناغي ص(240)

2 المرجع السابق ص (241)

3 المرجع السابق (242)

- تفاعل (n , γ):

في بعض التفاعلات لم تقذف النواة جسيمات لكن تبعث بفوتونات جاما

إن تفاعلات النيوترونات بصورة عامة تعتمد في الدرجة الأساس علي نوع المادة الهدف فبالنسبة للنيوترونات السريعة نلاحظ:

في المواد الخفيفة (Zصغيره) النيوترونات السريعة يمكن أن تحدث انحلالا كاملا أو تفاعلات من نوع (n , α) مثل انحلال C^{12} إلي ثلاث جسيمات ألفا

$$^{12}_{6}C + n \rightarrow 3(^{4}_{2}H)$$

في المواد المتوسطة (Zمتوسطه) فالتفاعلان (n, p) و(n.2n) يكونان مهمين خاصة عندما يعطيان نواتج للنواة غير المستقرة حيث تحدث هذه التفاعلات عندما تكون طاقة النيوترون اكبر من طاقة العينة

أما في المواد الثقيلة (Z كبيره) أو النوي الثقيلة فالنيوترونات السريعة تحدث الانشطار [1]

- **تفاعل النيوترونات البطيئة:**

إن تفاعل النيوترونات البطيئة مع المادة يتمثل بالامتصاص في الأغلب من قبل النواة وتكوين النواة المركبة التي تكون في حالة إثارة.

بعد ذلك تعود إلي حالته الأرضية ويعتمد التفاعل أيضا علي طاقة النيوترونات وعلي نوعية المادة

فبالنسبة للمواد الخفيفة تحدث تفاعلات (n , α) و(n, p) مثل

$$\boldsymbol{li^{6}(n,p)H_{1}^{3}}$$

$$^{14}_{7}N(n, p)C^{12}_{6}$$

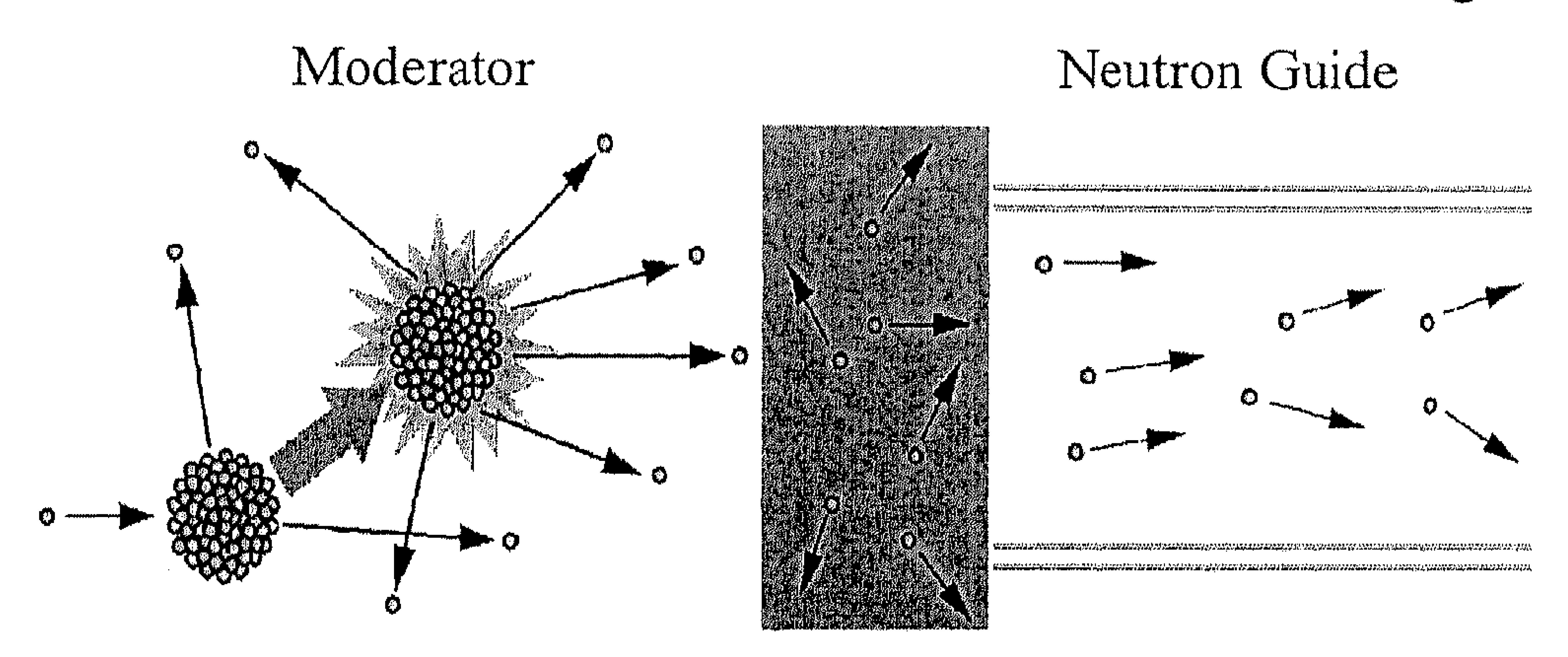
[1] الفيزياء النووية والمفاعلات النووية

أما في المواد المتوسطه فيحدث تفاع(n,γ) باستمرار وذلك من خلال تكوين نواة مركبة[1].

(2-4) ابطاء النيوترونات:

النيوترونات متعادلة كهربيا لذا لا تستطيع أن تفقد طاقتها بواسطة عمليات إحداث التأين خلال الوسط الذي تمر فيه.والاعتراضات النووية علي الرغم من كونها نادرة إلا أنها تعد الطريق الوحيد الذي يمكن أن يؤدي إلي فقدان الطاقة حيث أن معظم التصادمات النووية التي تحصل هي تصادمات مرنة.

فمثلا عند دخول النيوترونات السريعة تلك النيوترونات التي تكون طاقتها في حدود 2Mev في وسط تحدث سلسلة من التصادمات مع جسيمات نوى الوسط فتنحرف النيوترونات عن اتجاهها عند كل تصادم وتفقد جزءا من طاقتها وتميل إلي الانتقال بعيدا عن مصدرها ولكل نيوترون سلوكه الخاص به ومن غير العملي متابعة جميع النيوترونات[2]



(2-5) الكشف عن النيوترونات:

إن عدم امتلاك النيوترون شحنة كهربائية يشكل صعوبة في الكشف عنه بطريقه مباشرة ولذلك فان عملية الكشف عنه تتم خلال تفاعله مع المادة وإطلاق

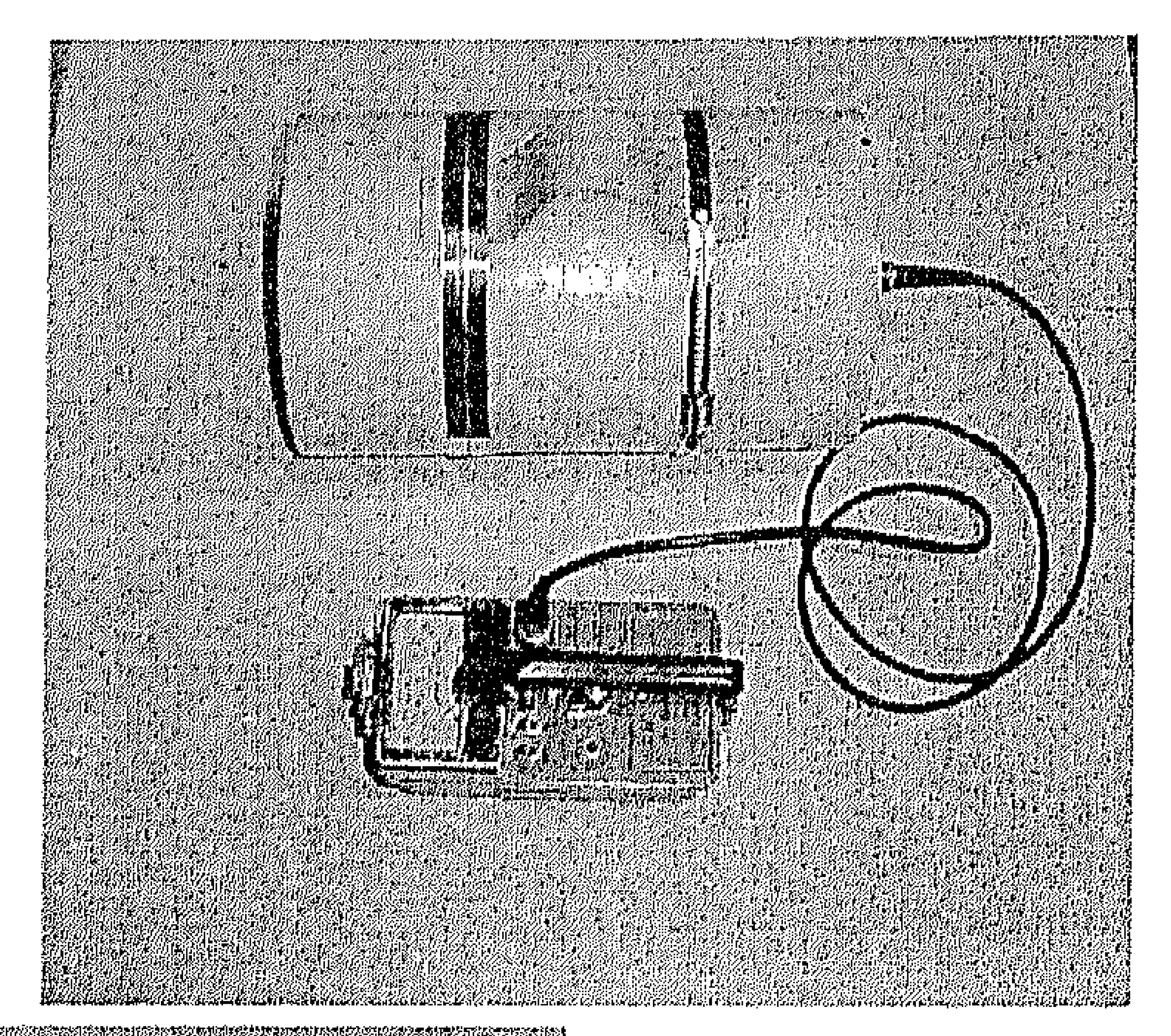
---

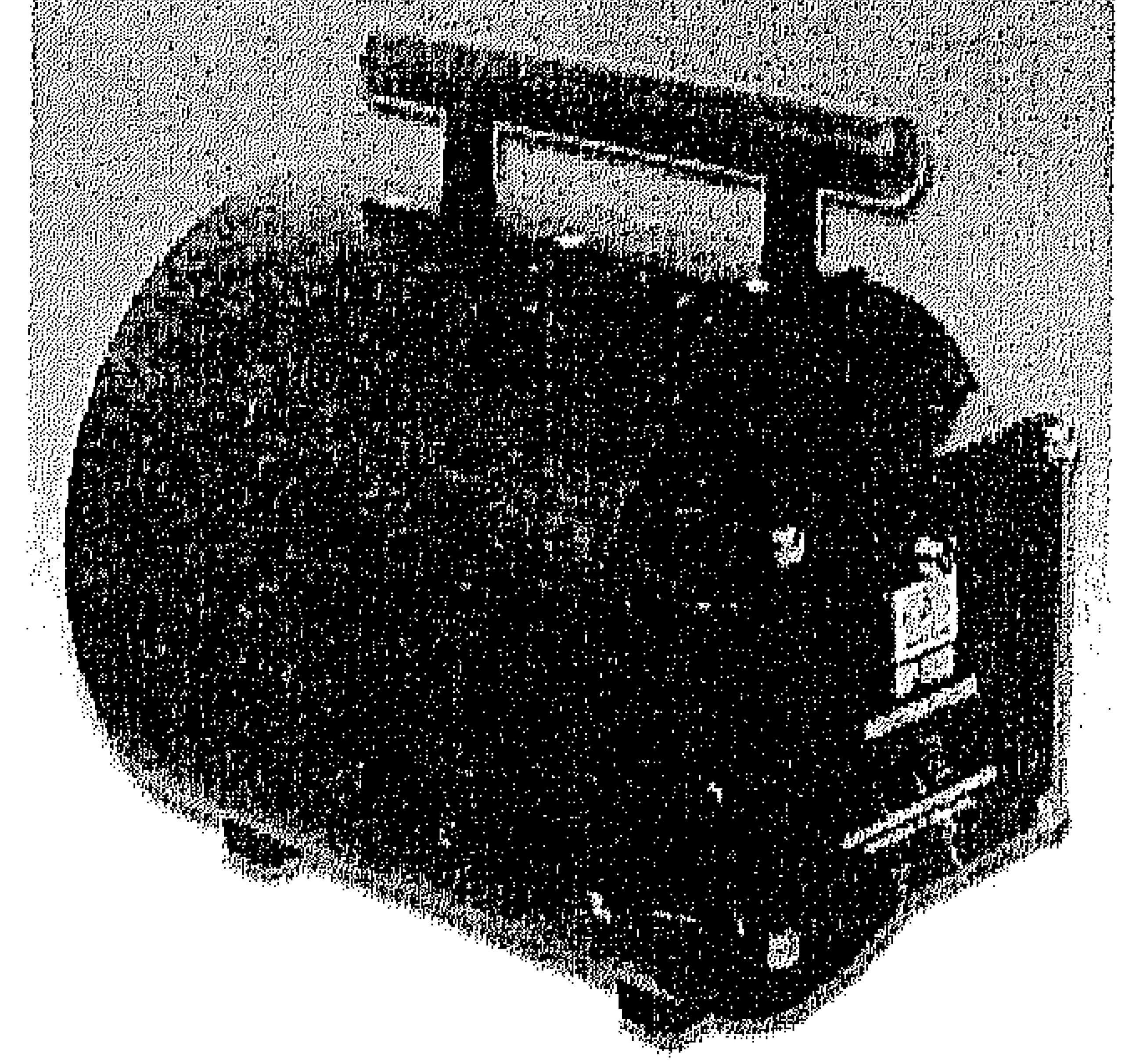
[1] الفيزياء النووية والمفاعلات النووية

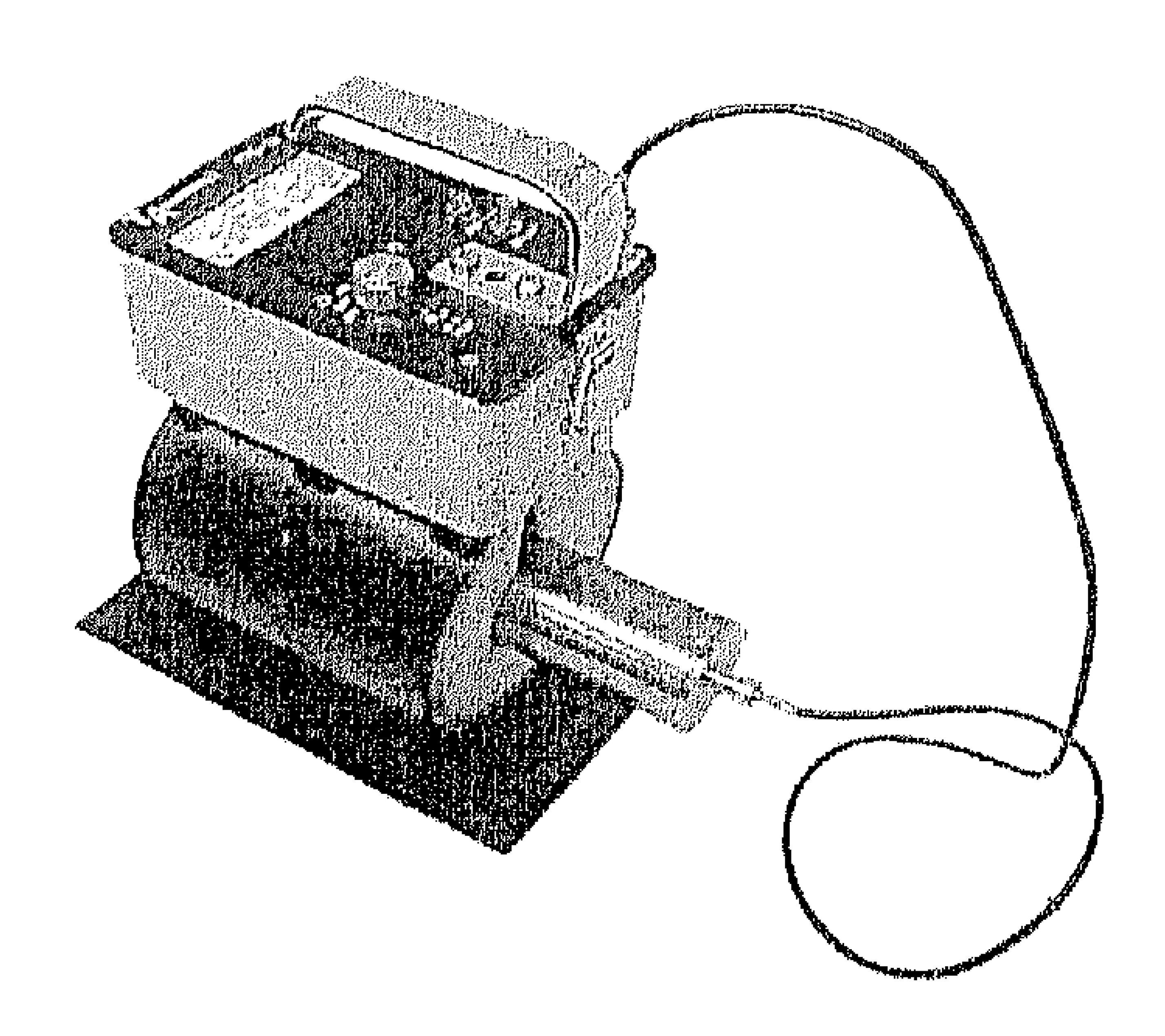
[2] الفيزياء النووية والإشعاعية ص(273)

جسيمات مشحونة مثل ألفا والبروتونات والتي تسبب تأين الذرات وتكون دليل غير مباشر للكشف عن النيوترونات وتعتبر مادة البور ون من المواد المهمة في الكشف عن النيوترونات[1]

وفيما يلي صور لبعض الأجهزة المستخدمة في الكشف عن النيوترونات







[1] مبادئ الفيزياء النووية (سعدي الجعفري- سعيد سليمان) ص(102)

الفصل الثاني

التأثيرات البيولوجية للإشعاعات المؤينة

Biological effects of the ionizing radiation

(2-1) تمهيد:

يطلق اسم الإشعاعات المؤينة علي جميع الإشعاعات النووية كالجسيمات المشحونة الثقيلة وجسيمات بيتا, والإشعاعات الكهرومغناطيسية (الأشعة السينية وأشعة جاما) الصادرة عن الذرة أو النواة, والنيوترونات وغيرها.فالجسيمات المشحونة الثقيلة وجسيمات بيتا (الالكترونات والبوزترونات) تقوم بتأين المادة مباشره عند المرور خلالها.أما بالنسبة لإشعاعات جاما والأشعة السينية, فتنتقل الطاقة أولا إلي الكترونات المادة ومن ثم تقوم هذه الالكترونات بالتأين وبالتالي تنتمي هذه الإشعاعات إلي الإشعاعات المؤينه وان كان التأين يتم بطريقه غير مباشره.أما بالنسبة للنيوترونات فتنتقل طاقتها إلي المادة إما عن طريق التشتت المرن أو غير المرن علي نوى ذرات المادة أو عن طريق امتصاص النيوترونات (خاصة الحرارية) وبما أن جميع أجسام الكائنات الحية تحتوي علي نسبه عاليه جدا من الهيدروجين فان طاقة النيوترونات تنتقل إلي نوى الهيدروجين (البروتونات), ثم تقوم هذه الأخيرة بعملية التأين في الجسم.أما النيوترونات التي تمتص من نوى ذرات الجسم فتؤدي بدورها لتأين ذرات أو جزيئات الجسم.بذلك تنتمي النيوترونات للجسيمات المؤينه, وان كان التأين بطريقه غير مباشره.

وسواء كانت الإشعاعات المؤينة صادره عن مصدر خارجي أو عن تلوث داخلي للجسم بالمواد المشعة فإنها تؤدي إلي تأثيرات بيولوجيه في جسم الكائن الحي ويمكن أن تظهر فيما بعد علي شكل أعراض إكلينيكيه وتعتمد خطورة هذه الأعراض والفترة الزمنية اللازمة لظهورها علي كمية الإشعاعات المتصة وعلي معدل امتصاصها[15]

وتنقسم التأثيرات البيولوجية للإشعاعات المؤينة في الكائنات الحية إلي نوعين هما:

1. التأثيرات الذاتية: وهي التأثرات التي تظهر أعراضها في نفس الكائن الذي تعرض للإشعاعات المؤينة.

2. التأثيرات الوراثية: وهي التأثيرات التي تظهر أعراضها في ذرية الكائن المتعرض للإشعاعات المؤينه

(2-2) فسيولوجية الإنسان وكيفية دخول المواد المشعة:

إن معرفة فسيولوجية الإنسان (أي وظائف أعضاء جسم الإنسان وأجهزته المختلفة) ضرورية لفهم طرق وصول المواد المشعة لأعضاء الجسم وتوزيعها داخله.وعموما يتكون جسم الإنسان من عدة أعضاء وأجهزه يقوم كل منها بوظيفة معينه.واهم الأجهزة اللازمة لفهم كيفية توزع المواد المشعة في جسم الإنسان هي الجهاز الدوري المسئول عن ضخ وتوزيع الدم, والجهاز التنفسي المسئول عن التذويد بالأكسجين والتخلص من الغازات مثل ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء, والجهاز الهضمي المسئول عن الهضم وامتصاص الغذاء.(15)

(1-2-2) الجهاز الدوري:

من أهم تأثيرات الإشعاع علي الخلايا, ما يحدث علي الأنسجة المكونة للدم خاصة خلايا نخاع العظام الحساسة للإشعاع والخلايا الليمفاوية.وتتميز الخلايا الليمفاوية بحساسية كبيره جدا إلي درجة انه حتى جرعة (0.1 Gy) قد تؤدي إلي حدوث أعراض غير طبيعيه في تركيبها وان جرعة (2.5 Gy) قد تؤدي إلي خفض عددها إلي اقل من 10 % أما خلايا الدم الأخرى فإنها تكون اقل حساسية ولكن يجب أن تجدد بصوره مستمرة.و يؤدي تلف نخاع العظام إلي منع تكوين كل أنواع خلايا الدم ومن أكثر التغيرات الملاحظة عند التعرض للإشعاع انخفاض عدد كريات الدم البيضاء التي تكون من واجباتها مقاومة الالتهابات وإزالة المركبات السمية من الجسم حيث يؤدي انخفاضها بصوره كبيره في الجسم إلي ضعف الكائن الحي وتعرضه للإصابة بالمرض.أما الصفائح الدموية التي تؤدي دورا مهما في تخثر الدم فينخفض عددها بصوره كبيره مما يؤدي إلي فقر الدم الشديد عندما تتراوح الجرعة الإشعاعية بين (1-5)Gy.(2)

(2-2-2) التأثير في الجهاز الهضمي:

في الجهاز الهضمي قد يحدث إسهال ومغص خاصة في الجزء الأخير من الأمعاء الغليظة وإذا كانت كمية الإشعاع كبيره قد تحدث تقرحات وتظهر أعراض الدوسنتاريا والتهاب في الشرج أما البنكرياس وهو المسئول عن الإفرازات التي تساعد علي هضم المواد النشوية و الدهنية والبروتونية وإحراق المواد السكرية فإذا كانت كمية الأشعة بسيطة فانه ينقص إفرازه ويؤثر علي عملية الهضم.أما إذا تعرض الكبد إلي أي جرعات إشعاعية فان الجسم عامه تتأثر عملياته الحيوية ويشعر الشخص بتعب عام[14]

(2-2-3) التأثير الحاد علي الرئة:

إن التأثير علي الرئة يشمل احتقان الأكياس الهوائية داخل الرئة مما ينتج عنه بصاق ملون بالدم وفقدان إفرازات الفعالية السطحية ويؤدي إلي تحطم الأكياس الهوائية وتصلب الرئة مع فقدان الرئة لقابليتها علي المناعة مما يجعلها عرضه للإصابة بمرض ذات الرئة.

وقد يتسبب تعرض الجهاز التنفسي في الوفاة, إما بسبب عجز القلب نتيجة لقلة الأكسجين أو لمرض ذات الرئة أو لتسمم الدم.وقد يكون زمن الموت ربما بعد عدة أشهر من الاستنشاق ويعتمد ذلك علي العمر والظروف البيئية وتوفر العلاج.وتعتبر Gy(20-10) هي الجرعة المميتة للرئة بالإضافة إلي أن التأثير المتجمع المتعاضد لهذا التعرض يؤدي إلي تطور المرضي إلي حاله أكثر سوءا وتحت هذه الظروف فان الجرعة الإشعاعية الأقل قد تكون مميتة.[2]

(2-2-4) التأثير علي الجهاز التاسلي:

لدي الرجال هناك تأثير منظور حيث تزيد الحيوانات المنوية زيادة مؤقتة نتيجة التعرض لجرعات بسيطة, أما في حالات التعرض الكبير فانه يحدث اخصاء في الخصيتين يعادل الأخصاء الجراحي, والجرعة الكافية لعمل عقم دائم هي (600 Rd) علي الخصيتين مباشره واقل من ذلك يحدث عقم مؤقت.

أما التأثير غير المنظور فيحدث في البويضة أو الحيوان المنوي بجرعات قليله جدا.وتعرض السيدة لهذه الجرعات القليلة بصوره مستمرة يجعل فرصه لحدوث طفرات مع حدوث تشوهات خلقيه خصوصا إذا كان الأب والأم معرضين للإشعاع دائما.[14]

(2-3) الخلية الحية:

تتكون جميع أعضاء الكائنات الحية من وحدات دقيقه تعرف كل وحده منها بالخلية.واهم مكونات الخلية هي النواة والسائل المحيط بها والمعروف باسم السيتوبلازم وجدار الخلية. حيث يعتبر السيتوبلازم بمثابة المصنع للخلية في حيث تحتوي النواة علي جميع المعلومات اللازمة لقيام الخلية بوظيفتها وتكاثرها والمحافظة علي خصائصها.[15]

(2-4) تفاعل الإشعاعات المؤينة مع الخلية:

عند سقوط الإشعاعات المؤينة علي الخلية فإنها تؤدي إلي تأين بعض مكوناتها وخصوصا جزيئات الماء, الذي يمثل الجزء الأكبر في كل خليه حيه.ويؤدي تأين الماء إلي حدوث تغيرات كيميائيه قد تؤدي بدورها إلي إحداث تغيرات في وظيفة لخليه.ويمكن أن تظهر نتائج هذه التغيرات في الإنسان في شكل أعراض إكلينيكيه كالمرض الإشعاعي أو إعتام عدسة العين أو في الإصابة بالسرطان علي المدى الطويل.[15]

وهكذا تؤدي الإشعاعات المؤينة إلي إتلاف الخلية من خلال عدة مراحل مختلفة ومعقده نوجزها فيما يلي:

(2-4-1) المرحلة الفيزيائية the physical stage

وهي تتم خلال زمن قصير جدا حوالي (10^{-6} ثانيه) وفيها تنتقل الطاقه من النوع المعين من الاشعاعات الي جزيات الماء بالخليه الحيه ويحدث التاين طبقا للتفاعل التي:

$$H_2O \overset{R}{\rightarrow} H_2O^+ + e^-$$

حيث: H_2O^+ هو ايون الماء الموجب , و e^- هو الالكترون السالب [10]

(2-4-2) المرحلة الفيزيوكيميائية the physico- chemical stage

وتتم هذه المرحلة خلال زمن قصير حوالي (مايكرو ثانيه) بعد حدوث التأين وخلال هذا الزمن تتفاعل الايونات الموجبة والالكترونات السالبة، التي تكونت نتيجة التأين مع جزيئات الماء الأخرى فينتج عن هذه التفاعلات عدة مركبات جديدة.فعلي سبيل المثال يمكن انم يتحلل ايون الماء الموجي إلي ايون هيدروجين موجي و هيدروكسيد كالأتي:

$$(H_2O)^+ \rightarrow \mathrm{OH} + \mathrm{H}^+$$

أما الإلكترون فيمكن أن يتحد مع جزئ ماء مكونا بذلك ايون ماء سالب أي أن:

$$e^- + H_2O \rightarrow H_2O^-$$

ثم يتحلل هذا الايون الأخير مكونا الهيدروجين وايون الهيدروكسيد السالب أي:

$$H_2O^- \rightarrow H + OH^-$$

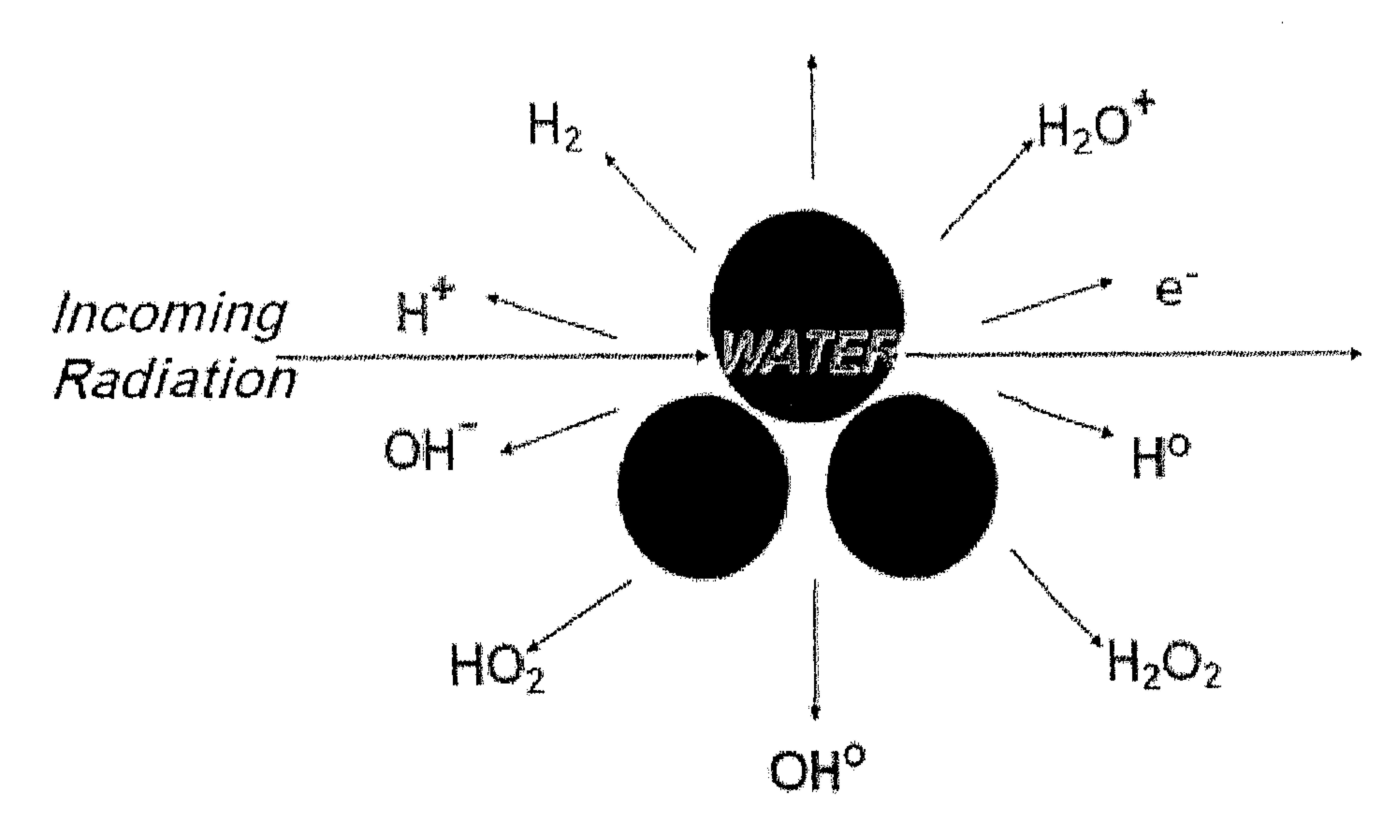
وهكذا تؤدي هذه التفاعلات إلي تكوين كل من ايون الهيدروجين الموجب H^+، وايون الهيدروكسيد السالب OH^-، وذرة الهيدروجين المتعادله H، وجزئ الهيدروكسيد المتعادل OH.وايونات الهيدروجين H^+والالهيدروكسيد OH^- موجوده دائما في الماء ولاتشترك عموما في احداث تفاعلات أما بالنسبة للنواتج الأخرى وهي الهيدروجين H والهيدروكسيد OH المتعادلة فهي معروفه بنشاطها الكيميائي الشديد كذلك، يمكن أن تكون ناتج أخر هو فوق أكسيد الهيدروجين الذي يعتبر عاملا مؤكسدا قويا كذلك طبقا للتفاعل التالي [1] :

$$OH + OH \rightarrow H_20_2$$

(2-4-3) المرحلة الكيميائية: The chemical stage

وتستغرق هذه المرحلة عدة ثواني ويتم خلالها تفاعل نواتج المرحلة السابقة وهي الهيدروجين H والهيدروكسيد OH وفوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 مع الجزيئات العضويه المختلفه في الخليه.فمثلا يمكن ان تتفاعل هذه النواتج مع الجزيئات المعقده التي تتكون منها الكروموسومات فتتحد معها وتؤدي الي تكسير تراكيبها السلسليه الطويله واحداث بعض التغيرات في الجينات.[10]

الشكل (1-2) أدناه يوضح مايحدث لجزئ الماء



(2-4-4) المرحلة البيولوجية The biological stage

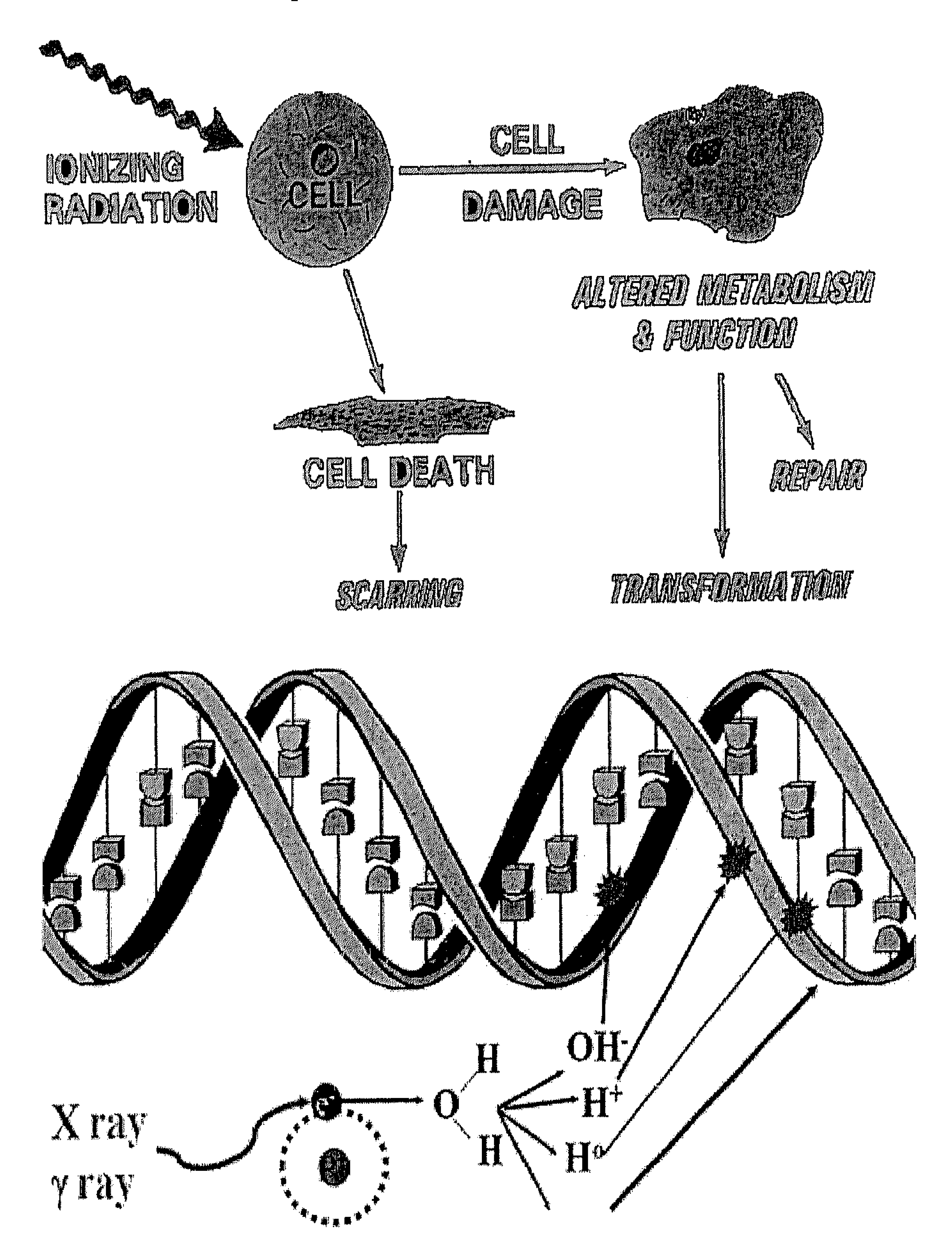
يتراوح زمن هذه المرحلة بين عدة دقائق وعدة عشرات السنوات وتبدءا في هذه المرحلة ظهور تأثيرات التغيرات الكيميائية التي حدثت في الخلية وبعض هذه التأثيرات هي:

أ. موت الخلية.

ب. منع أو تأخر انفصام الخلي هاو زيادة معدل انقسامها.

ج. حدوث تغيرات مستديمة في الخلية تنتقل وراثيا إلي الخلايا الوليدة.[15]

والشكل (2-2) يوضح تاثير الاشعه المؤينه علي الخليه الحيه



(2-5) مصادر الأخطار الداخلية:

عند دخول احد النظائر أتي تصدر جسيمات ألفا إلي الجسم فإنها يمكن أن تتركز في احدي الأعضاء الحيوية وتؤدي بالتالي إلي تلفه ولذلك لا تستخدم مصادر جسيمات ألفا (خاصة ذات العمر النصفي الكبير) في أغراض التشخيص حيث تعتبر المواد التي تصدر جسيمات الفا (وهي المصادر التي لا تشكل خطورة إشعاعية خارجية) من اخطر مصادر الأخطار الداخلية ويرجع ذلك للأسباب التالية:

1. صغر مدي جسيمات ألفا في الجسم البشري.
2. قدرة جسيمات ألفا الفائقة التأين.
3. كبر التأثير البيولوجي النسبي لهذه الجسيمات.
4. طول العمر النصفي لجميع المصادر المشعة لجسيمات ألفا.
5. صعوبة إخراج النظائر من الجسم البشري.

أما بالنسبة للنظائر التي تصدر جسيمات بيتا فعلي الرغم من ضعف التأثير البيولوجي النسبي لهذه الجسيمات وكبر مدلها (بالمقارنة بجسيمات ألفا) إلا انه عند دخول هذه النظائر للجسم فإنها يمكنان تؤدي إلي حدوث أضرار جسيمه بالأعضاء التي تتركز فيها بل وبالأعضاء المحيط بها.

أما بالنسبة لمصادر إشعاعات جاما فان الخطورة الداخلية المترتبة عليها يمكن اعتبارها محدودة بالمقارنة بالخطورة المترتبة عن كل من جسيمات ألفا وبيتا.

(2-5-1) طرق دخول المواد المشعة للجسم:

أ. استنشاق الهواء الملوث بالمواد المشعة.

ب. بلع المواد المشعة أو دخولها مع الطعام بسبب تلوث اليدين.

ج. الدخول عن طريق الجلد أو الجروح والخدوش.

(2-6) الإشعاع الخارجي:

تحدد الأضرار الجسمانية المؤلمة (مثل سرطان الدم) التي يمكن أن تنتج من تعرض الأشخاص إلي جرعه غير مسموح بها في جزء صغير جدا من المجموعة المعرضة

لأعلي جرعه متجمعة يتسلمها أي شخص يجب أن لا تتجاوز (5rem) لكل سنه (rem ≡ ريم) ينبقي أن يكون اعلي جرعه لأي عضو اقل من (50rem) (للعيون اقل من 30rem) تساوي اعلي قيمه متجمعة لكل أسبوع إلي 0.1rem من الغالب أو 2.5 mrem تقريبا لكل ساعة لمدة 40 أسبوع إذا كان من الضروري العمل بصوره مؤقتة تحت تأثير مستويات عاليه من الإشعاع فان طول فترة العمل تعتمد علي أن لا تزيد عدد ساعات التعرض عن الحد المسموح به و لا يسمح لأي شخص تحت عمر 18 سنه بالعمل في مجال النشاط الإشعاعي.[13]

(2-7) انتقال الطاقة من النيوترونات إلي جسم الإنسان:

بالنسبة للنيوترونات السريعة فان بإمكانها أن تنقل كامل طاقتها إلي جسم الإنسان من خلال التصادمات المرنة من نوى الهيدروجين.فطاقة النيوترون السريع تنتقل بالكامل بحوالي 18 تصادما إلي نوى ذرات الهيدروجين (أي إلي البروتونات) الذي يعتبر المكون الأساسي والسائد في جسم الإنسان, حيث يحتوي كل كيلو جرام واحد من جسم الإنسان علي حوالي 6×10^{25} ذرة هيدروجين.وعندما تكتسب البروتونات طاقة النيوترونات تقوم هذه البروتونات المشحونة بتأين ذرات الجزيئات بخلايا الجسم البشري لذلك يقال أن النيوترونات تنتمي إلي الإشعاعات المؤينة رغم أنها لا تحدث التأين بصوره مباشره

عندما تصبح النيوترونات حرارية بفعل التهدئة يلعب تفاعل الأسر النيوتروني للنيوترونات الحرارية والبطيئة في نوى بعض الذرات متوسطة الكتلة الموجودة في جسم الإنسان (كالبوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم وغيرها) الدور الوحيد لانتقال الطاقة لجسم الإنسان وانطلاق فوتونات جاما الفورية, لحظة الأسر وربما تكون بعض النويدات المشعة داخل جسم الإنسان, وهي نويدات تسهم إسهاما محدودا في إيداع الجرعة الإشعاعية في جسم الإنسان[1]

(8-2) التأثير البيولوجي للأشعة السينية:

تحوي الخلية الحية علي أكثر المركبات والمعادن الضرورية لجسم الإنسان إلا أن الماء يكون معظم أجزاء الخلية.ويختلف الإشعاع النووي والذي من ضمنه الأشعة السينية في تأثيره عن باقي أنواع الأشعة كالضوء والحرارة, في انه يقوم بتأين الماء الموجود في الخلايا الحية مما يؤدي إلي اختلال نظام عمل هذه الخلايا.وكنتيجة لهذا التأين تتكسر الكروموسومات أو تتكون سلسله لولبيه الجذور ويمكن إجمال الظواهر الناجمة عن تأثير الإشعاع علي الخلايا كما يلي:

أولا : موت الخلايا.

ثانيا : تغيير الخلايا وبهذا لا تولد خلايا معينه.

ثالثا : منع تكاثر تلك الخلايا المصابة.

رابعا : حدوث تأثيرات وراثية وفيها تظهر الأعراض علي اللاحق أو علي الأجيال وهذه التأثيرات تظهر علي جسم الإنسان كما يلي:

أ. تأثيرات جسديه وفيها تظهر الأعراض علي الجسم المتعرض للإشعاع.

ب. تأثيرات وراثية وفيها تظهر الأعراض علي اللاحق أو علي الأجيال.

وفي كلا الحالتين هنالك تأثيرات آنية وتأثيرات متأخرة ربما لا تظهر إلا بعد زمن طويل.فبعد عام واحد من اكتشاف الأشعة السينية ظهرت احدي المقالات عن التأثيرات السلبية لإعادة الفحص بالأشعة على اليد وفي عام 1911 م درست حوالي مئة حالة إصابة بالسرطانات نتيجة استعمال الأشعة السينية وان (50) حاله منها كانت من المشتغلين بالإشعاع, ورغم أن هذه الدراسات أوحت بالتأثيرات الضارة للأشعة السينية آنيا إلا أنها لم تدرس الجانب الأهم من الموضوع وهو التأثيرات المتأخرة ومنها التأثيرات الوراثية علي الأجيال.ومن التأثيرات المتأخرة هو السرطان الذي يظهر بعد (10-30) سنه منذ زمن التعرض وان من المشتغلين من أصيب بالعمى بعد (25) سنه من توقفه عن العمل في مجال التشخيص الطبي.

ويمكن أن نوجز هذه الظواهر فيما يلي:

1. تكون سرطان الجلد.
2. تغيرات في نخاع العظم الذي يولد كريات الدم والتسبب في سرطان الدم.
3. تغيرات في عدد وطبيعة خلايا الدم.
4. الأورام السرطانية المختلفة.
5. إعتام عدسة العين.
6. التأثيرات الوراثية والتشوهات الخلقية.
7. التأثير علي تكامل نمو الجنين والقصور الذهني.

(2-9) وحدات قياس الإشعاع:

وحدة التعرض الإشعاعي:

الرونتجن (R):

يعرف (R) علي انه كمية الإشعاع التي تنشئ 2.1×10^9 زوجا من الايونات في $1Cm^3$ من الهواء تحت الظروف العياريه.[13]

أي أن الرونتجن وحدة قياس التعرض الإشعاعي من أشعة اكس أو جاما التي تؤين جزيئات الهواء.[14]

وحدة الجرعة الممتصة:

عندما يتعرض (1g) (1جرام) من المادة يقوم بامتصاص $10^{-5}J$ (j جول) من الطاقة الإشعاعية فان الجرعة الممتصة تكون (1rad) لاحظ أن الراد هو مقياس الطاقة الممتصة في وحدة الكتل.

وتؤدي الطريقة التي يعرف بها الراد rad إلي أن نفس الإشعاع ينتج عنه جرعات مختلفة في المواد المختلفة فالإشعاع الذي يمر خلال لحم ادمي سيمتص بصوره اقل مما يمتص في العظام ونتيجة لهذا. إذا مر شعاع خلال شخص ما فانه يسبب جرعه اكبر للعظام التي يمر خلالها اكثر مما يسبب للحم ولسوء الحظ ليس rad بالوحدة الجيدة

لقياس اثر الإشعاع علي البشر وتكمن الصعوبة في أن الأنواع المختلفة للإشعاع تسبب أضرار متباينة للأنسجة البشرية فالجرعة التي تبلغ 1rad من شعاع الكتروني تسبب ضررا مقداره عشر ما تسببه جرعه مساوية من شعاع النيوترونات أو البروتونات وعلي الرغم من أن وحدة الراد تعتبر مناسبة لإجراء مقارنه بين نفس النوع من الإشعاع إلا أنها تصبح غير ملائمة عند مقارنة أنواع مختلفة من الإشعاع ولذا يلجا لاستخدام وحده أخري

وحدة الجرعة المكافئة:

يقاس التأثير البيولوجي للإشعاع الممتص بدلالة وحدة تسمي (رم rem)

(rad equivalent man) وهي وحدة المقارنة بمعني أنها تقيس الأثر وذلك بمقارنته بالأثر الذي يحدثه شعاع من أشعة X طاقته 1mev حين يمتص 1rad من أشعة X فان كميه محدودة من التلف البيولوجي تحدث ويعرف الرم (rem) بحيث أن جرعه مقدارها 1rad تسبب تلفا بيولوجيا يكافئ جرعه مقدارها 1rad من أشعة X ذات الطاقة 1mev

ولكي توضع وحدة rem بحيث ترتبط ارتباطا مفيدا مع وحدة rad فإننا ندخل كميه تسمي عامل الجودة (QF) ويسمى معامل الجودة دائما RBE وهي اختصار الفعالية البيولوجية النسبية (Relative Biological Effectiveness) وعامل الجودة هو عبارة عن نسبه يتم التوصل إليها كما يلي:

يستخدم الإشعاع المطلوب دراسته لتشعيع المادة البيولوجية بحيث يؤدي إلي جرعه ممتصة مقدارها 1rad .ثم تعرض نفس المادة البيولوجية للتشعيع من شعاع من أشعة X طاقته 1mev إلي أن يحدث تلف بيولوجي له نفس المقدار.ثم تسجل الجرعة الممتصة بوحدات rad ويمكننا عندئذ تعريف عامل الجودة علي انه النسبة بين هاتين الجرعتين.[9]

$$\text{عامل الجوده } \mathbf{RBE} = \frac{X \text{ الجرعه المكافئه من اشعه}}{1rad \text{ من الاشعاع المطلوب دراسته}}$$

الفصل الثالث

الدروع النووية الواقية من الإشعاع

Nuclear Radiation shielding

(3-1) تمهيد :

الدروع النووية الواقية من الإشعاع تؤدي وظائف عديدة. وما هم هذه الوظائف هي تقلل التعرض الإشعاعي للأشخاص في أماكن وجود الإشعاع. حيث أن الدروع النووية الواقية من الإشعاع التي تستعمل لهذا الغرض تسمي الدروع البيولوجية.

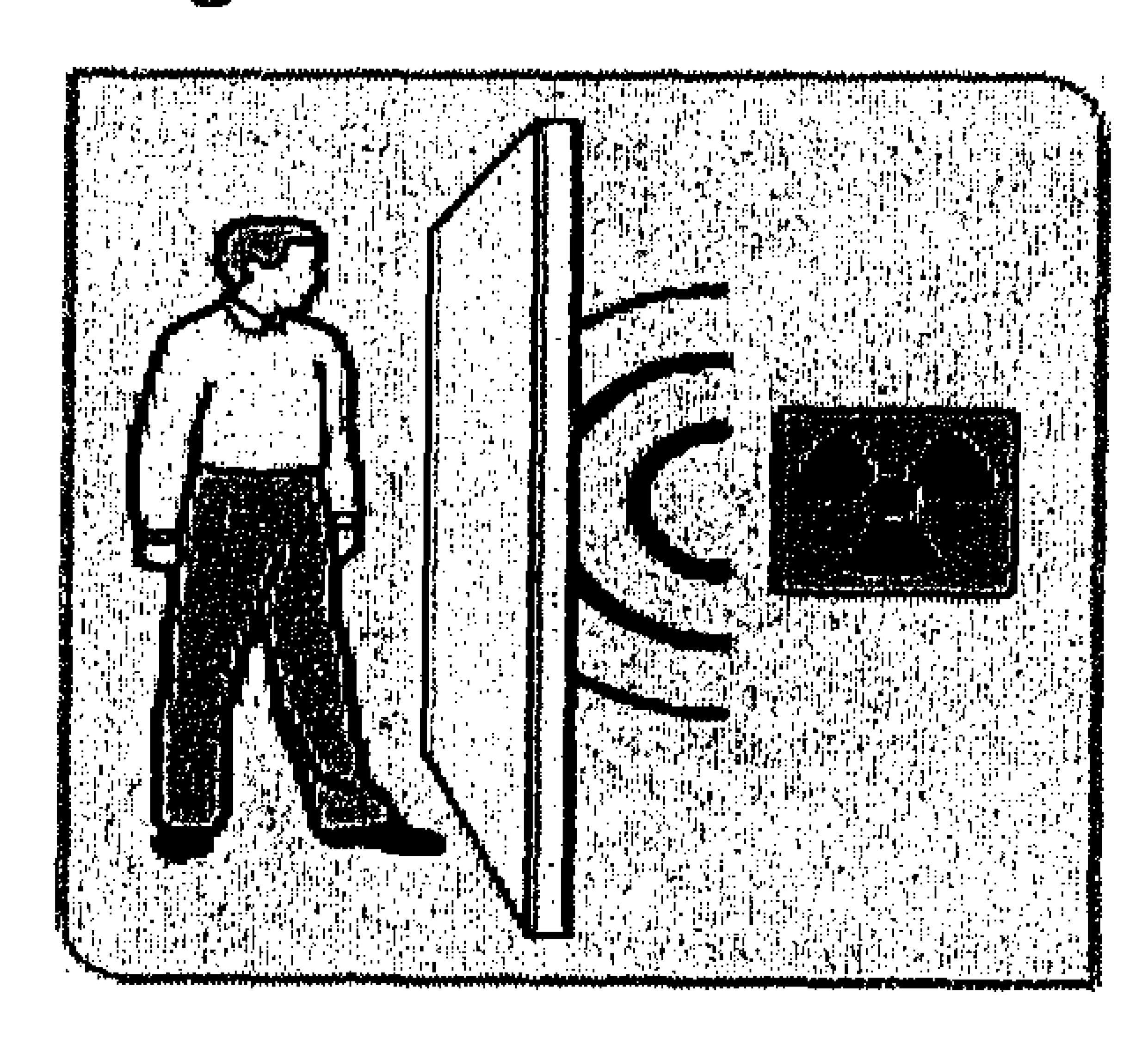
الدروع النووية تستعمل أيضا في المفاعلات النووية لخفض شدة أشعة جاما في المفاعل النووي ووقايته من ارتفاع الحرارة الناتجة عن امتصاص هذه الأشعة. وهذا النوع يسمي بالدروع الحرارية.

(3-2) تعريف الدروع النووية الواقية من الإشعاع:

الدروع النووية نقصد بها الحواجز التي تحجب الأشعة عنا. وبناء هذه الدروع يستوجب دراسة خصائص كل نوع من أنواع الأشعة وتفاعلاتها مع المواد حتى يتسنى اختيار المادة المناسبة لتحجب الأشعة المر اده والتخلص من خطرها.

تعتبر الدروع والحواجز بين المصدر المشع والنقطة المعينة من أهم وسائل الوقاية من أخطار التعرض الخارجي.ففي بعض الأحيان يكون النشاط الإشعاعي للمصدر كبيرا. بحيث لا يمكن الاقتراب منه حتى عشرات وربما مئات الأمتار. وبالتالي توضع المصادر المشعة ذات النشاط الإشعاعي المرتفع نسبيا داخل دروع أو قلاع واقيه.

ويتوقف نوع مادة الدرع وسمكه علي نوع الإشعاعات وطاقتها والنشاط الإشعاعي للمصدر. وكذلك معدل الجرعة المحددة خارج هذا الدرع.



(3-3) استخدامات الدروع النووية وأهميتها:

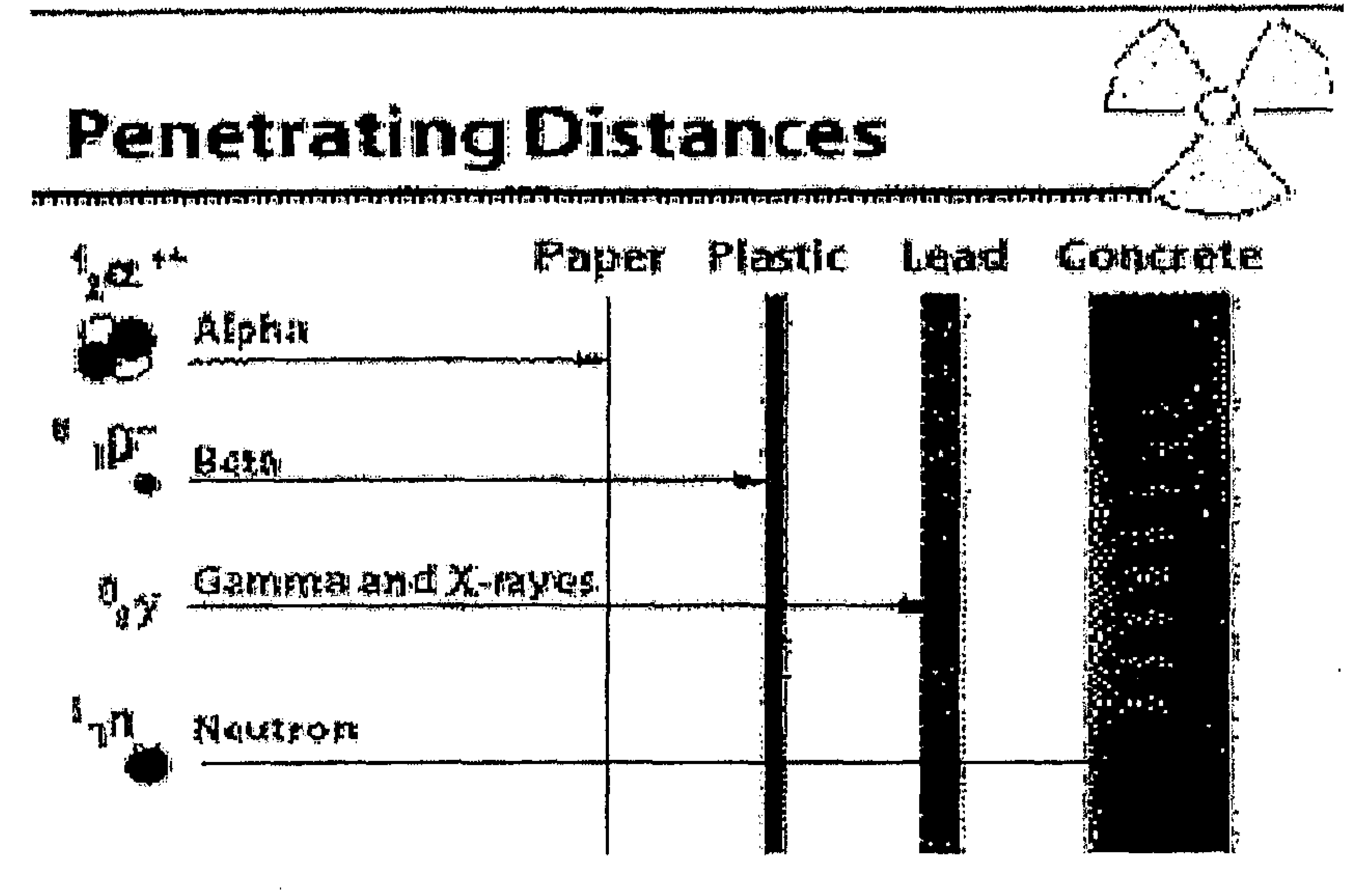
هنالك العديد من الاستخدامات المهمة للدروع النووية الواقية من الإشعاع أو الدروع الإشعاعية, ومن أهم استخداماتها ما نلاحظه دائما في المستشفيات وخاصة في أماكن التقاط الصور الإشعاعية بواسطة (أشعة X), وبهذا فان تناول موضوع الدروع النووية الواقية من الإشعاع الذي أصبح جزاء مؤثرا في حياتنا اليومية يعد المهمة خصوصا بعد التقدم العلمي الكبير الذي بدا يركز علي استخدام المواد المشعة ومصادر الإشعاع الأخرى في المجالات الطبية والزراعية وكذلك المجالات العلمية الأخرى مثل بناء مفاعلات البحوث النووية وكذلك في مجال توليد الطاقة وفي نواحي الحياة المتعددة.

نحتاج الي استخدام الدروع النووية عادة للوقاية من أشعة (γ) والنيوترونات والأشعة السينية وكذلك جسيمات بيتا بينما قد لا نحتاج إلي ذلك للوقاية من جسيمات ألفا إلا في حالات خاصة ونادرة كون مدي هذه الجسيمات قصير جدا بسبب كتلتها وشحنتها.

وبالنسبة لمصادر الجسيمات ألفا (α) فان هذه المصادر لا تتطلب أي نوع من الدروع, طالما أنها لا تصدر سوي هذه الجسيمات, حيث أنها تمتص من طبقة من الهواء سمكها لا يتجاوز 0.4 cm.

إن تحديد سمك درع معين أو انتقاء شكل تركيب أو نوعية مادة الدرع النووي للحماية من نوع أو من أنواع من الإشعاع هو أساس دراسة الدروع النووية الواقية من الإشعاع وذلك لتخفيض الجرعة الإشعاعية إلي المستوي المحدد والمقبول والوصول بها إلي ادني المعدلات المسموحة للمهنيين أو لعامة الناس.

الشكل (1-3) يوضح قدرة الاختراق لعدد من الاشعه النوويه



(3-4) دروع مصادر بيتا β:

جسيمات بيتا تتفاعل مع المادة بأسلوبين هما التأين والإثارة وهو نمط التفاعلات السائد عند الطاقات المنخفضة لهذه الجسيمات وإصدار أشعه سينيه ويكون هو النمط السائد عند الطاقات العالية للجسيمات وكذلك تبين أن كمية الأشعة الناتجة السينية الناتجة عن تفاعل هذه الجسيمات مع المادة تزداد بزيادة العدد الذري Z للمادة المتفاعلة وبزيادة طاقة الجسيمات.

حيث أن استخدام المواد ذات الأعداد الذرية الكبيرة ينتج عنها كميات كبيره من فوتونات الأشعة السينية العالية لاختراق والخطيرة فنسبة طاقة جسيمات β المتحولة إلي أشعه سينيه تتحد بدلالة كل من الطاقة القصوى $E_{\max}$ لهذه الجسيمات والعدد الذري للمادة المتفاعلة Z من العلاقة التالية:

$$f = 0.35\, Z\, E_{max}\% \qquad (3\text{-}1)$$

لهذا السبب تعتبر المواد ذات العدد الذري Z الصغير مثل البرسبكس أو الألمونيوم من انسب المواد لعمل دروع مصادر جسيمات بيتا حتى يمكن خفض كمية الأشعة السينية المتولدة لأكبر حد ممكن.ومع ذلك فان استخدام هذه المواد الخفيفة كدروع

لبواعث جسيمات β لا يكفي للوقاية من أخطار هذه لمصادر.فرقم انه يكفي عمل درع بسمك حوالي cm (1.3 − 0.3) (تبعا للطاقة القصوى لجسيمات بيتا) إلا أن الأشعة السينية المنبعثة من الدرع بسبب تفاعل الجسيمات مع مادته يمكن ن تمثل مخاطر جسيمه لهذا السبب يجب إحاطة درع جسيمات β من الخارج بدرع أخر للوقاية من الأشعة السينية المتولدة علي الدرع الأول.

وقد يعتقد البعض انه يمكن التعامل المباشر مع مصادر بيتا β دون وجود درع، باعتقاد أنها لا تشكل خطورة خارجية كبيره مثل إشعاعات جاما والنيوترونات، نظرا لقدرتها المحدودة نسبيا علي اختراق الهواء.إلا أن هذا الاعتقاد غير صحيح، حيث أن مدي هذه الجسيمات يمكن أن يصل عدة أمتار تزيد بزيادة طاقة الجسيمات فضلا عن ذلك فانه يكفي للتدليل علي خطورة هذه الجسيمات حساب معدل الجرعة المكافئة من مصدر بيتا صغير، يبلغ نشاطه الإشعاعي $1MBq$، يصدر جسيمات بيتا بطاقة متوسطه مقدارها $0.6\ Mev$ علي مسافة $3cm$ من المصدر حتى يبلغ هذا المعدل $0.3Gr/hr$.

وقب التعرف علي كيفية حساب سمك الدرع اللازم لمصدر جسيمات بيتا β المعين ينبغي الإشارة إلي أن سمك الدرع لا يعتمد إطلاقا علي مقدار النشاط الإشعاعي للمصدر وإنما يعتمد فقط علي الطاقة القصوى لهذه الجسيمات وعلي نوع مادة الدرع.فالدرع الذي يكفي للوقاية من مصدر ذي نشاط إشعاعي واحد ميغا بركا يكفي بدوره للوقاية من مصدر أخر نشاطه الإشعاعي الآلف وملايين ميغا بيركل وهذه الخاصية تمييز دروع جسيمات بيتا دون غيرها.

(3-4-1) حساب سمك الدرع لمصدر جسيمات بيتا:

يتم حساب سمك الدرع اللازم لنظير معين باعث لجسيمات بيتا بدلالة مدي هذه الجسيمات في مادة الدرع.ويحسب هذا لمدي بدلالة السمك الكتلي (R) والذي يعرف بأنه حاصل ضرب السمك الطولي في كثافة المادة وبالنسبة لجسيمات بيتا β التي لا تزيد طاقتها علي $250Mev$ يمكن تحديد مداها الكتلي بوحدة (gm/cm^2) بالعلاقة:

$$R = 0,412 \times E_{MAX}\,(1.265 - 0.0954 \times LnE_{MAX}) \quad (3\text{-}2)$$

أما إذا ذادت طاقة جسيمات بيتا علي *2.50 Mev* تصبح العلاقة (2-3) غير دقيقه وتستخدم عندئذ العلاقة

$$R = 0.53 \times E_{max} - 0.16 \qquad (3\text{-}3)$$

وبعد حساب المدى الكتلي باستخدام المعادلة الملائمة للطاقة القصوى لطيف جسيمات بيتا يتم إضافة 15% - 10% إلي ذا المدى كهامش أمان ويعتبر المدى الناتج بعد الإضافة هو سمك الدرع المطلوب من هذه المادة لذلك النظيروعند الحاجة لحساب هذا السمك بالوحدة الطولية العادية، يتم قسمة السمك الكتلي إلي كثافة المادة($\frac{R}{\rho_M}$).

(3-4-2) حساب عدد فوتونات الأشعة السينية المتولدة عن درع مصدر بيتا:

بما انه يلزم وجود درع آخر للأشعة السينية المنبعثة من الدرع الأول لجسيمات β فانه ينبغي معرفة عدد فوتونات الأشعة السينية المنبعثة عن درع جسيمات بتا.من المعادلة(3-1) يمكن حساب هذه النسبة بدقه عاليه.وهذه العلاقة تعكس حقيقة انه كلما زاد العدد الذري للمادة المتفاعلة زادت بالتاي كمية الأشعة السينية المنبعثة مع بقاء باقي الظروف ثابت هو بعد معرفة النسبة F وعدد الجسيمات المنبعثة من المصدر في الثانية N_β، يمكن حساب عدد فوتونات الاشعه السينيه N_X المتولده بالعلاقه التاليه:

$$N_X = F_X\, N_\beta/3$$

$$=0.00035 \times Z \times E_{MAX} \times N_\beta/3 \qquad (3\text{-}4)$$

وجد انه باستخدام مصدر فسفور P^{32} يبلغ نشاطه الإشعاعي 1 Cl ويصدر جسيمات بيتا β بطاقة قصوى مقدارها 1 Mev 1.7 موجود داخل درع من الألمونيوم (z=13) تكون عدد فوتونات الأشعة السينية المنبعثة في هذا الدرع هي:

$$N_X = 0.00035 \times Z \times E_{MAX} \times N_P/3$$

$$= 0.00035 \times 13 \times 1.71 \times 3.7 \times 10^{10}/3$$

$$= 9.6 \times 10^7 Photons$$

أي أن الدرع، المذكور أعلاه، يصدر في الثانية الواحدة 96 مليون فوتون من الأشعة السينية.وعموما تتوزع طاقة هذا العدد من الفوتونات من الصفر وحتى $1.71 Mev$ حيث يكون طيف الأشعة السينية طيفا مستمرا.

(3-5) دروع الأشعة السينية وإشعاعات جاما:

ورد في الفصل الأول انه عند مرور الأشعة السينية وإشعاعات جاما خلال ماده ما فانه يحدث توهين لعدد الفوتونات لتي التي تجتاز سمكا من هذه المادة وفقا للقانون الآسي الذي يتخذ الصورة التالية:

$$I = I_0 e^{-mx} \qquad (3\text{-}5)$$

حيث إن معد الجر عه الممتصة أو المكافئة أو الفعالة يتناسب تناسبا طرديا مع عدد الفوتونات، فانه يمكن التعبير عن معدل الجرعة الناتجة من هذه الإشعاعات بعد اختراقها للدرع الذي يبلغ سمكه X بعلاقة مماثله لعلاقة التوهين تتخذ الصورة التالية

$$E^* = E_0^* e^{-M_a x}$$

حيث * هو معدل الجرعة الفعالة بعد اجتياز درع يبلغ سمكه X

E_0^* هو معدل الجرعه الفعاله في نفس النقطه في حالة عدم وجود الدرع

M_a معامل يعرف باسم معامل امتصاص الطاقة.ويختلف هذا المعامل M_a عن معامل التوهين M ساق الذكر.

(3-5-1)معامل امتصاص الطاقة (M_a):

أن معامل التوهين الذي يعبر عن تناقص الفوتونات كلما تغلغلت في المادة لا يعكس في الواقع كمية الطاقة التي تمتصها المادة عند تغلغل الإشعاع فها.فعند مرور الفوتون في المادة فانه يمكن أن يفني نتيجة العملية الكهروضوئية أو عملية إنتاج الزوج الالكتروني البوزتروني.وفي العملية الأولي يفقد الفوتون كل طاقته في المادة.أما في

العملية الثانية فرغم أن الفوتون يفني وتنتقل طاقته للمادة إلا أن جزاءا من هذه الطاقة قد يعود من جديد في صورة فوتون أو فوتوني ألفنا.

عندما يفقد البوزترون طاقته فانه يفني مع احد الالكترونات المادة وينطلق نتيجة ذلك، فوتونين يحمل كل منهما طاقه تساوي 511kev وقد يخرج احد هذين الفوتونين أو كلاهما من المادة دون تفاعل جديد لذلك يقال ان طاقة الفوتون قد لا تنتقل بالكامل إلي المادة.كذلك، فانه في تفاعل الفوتون مع المادة من خلال تشتت مكبوتون فان طاقة الفوتون لا تنتقل بالكامل للإلكترون الحر فهو إما ان ينتقل جزء مهم منها ويتشتت الفوتون حاملا الجزء الباقي من الطاقة.

وحيث أن معدل الجرعة يعتمد علي الطاقة المنقولة لوحدة الكتل من المادة، لذلك فانه يجب استخدام المعامل الذي يعين انتقال الطاقة من الإشعاعات للمادة وامتصاصها فيها وهو ما يعرف بمعامل انتقال الطاقة.

لذلك يجب في جميع حسابات دروع الأشعة السينية وإشعاعات جاما استخدام معمل امتصاص الطاقة بدلا من معامل التوهين.

(3-5-2)الامتصاص الأسى للأشعة السينية وإشعاعات جاما :

من حيث المبداء يمكن استخدام علاقة الامتصاص الأسى للأشعة السينية وإشعاعات جاما (6-3) لحساب سمك الدرع اللازم لخفض الجرعة المكافئة أو الفعالة خارج الدرع للحد المطلوب.إلا انه يجب الإشارة إلي أن سمك الدرع المحسوب وفقا لهذه العلاقة يكون غير كاف في الغالبية العظمي من الحالات، ولا تصلح هذه العلاقة للاستخدام إلا في الظروف المثالية غير الواقعية التي تتمثل في الأتي:

أ. حزمه ضعيفة ومتوازية من الأشعة.

ب. سمك الدرع صغير للغاية.

وعند تحقق هذين الشرطين فانه يمكن حساب سمك الدرع بالعلاقة (6-3) أو باستخدام ما يعرف بالسمك النصفي $X\frac{1}{2}$ والذي يعرف بأنه (سمك المادة الذي يخفض

الجرعة الإشعاعية إلي نصف مقدارها).ويعتمد علي نوع الأشعة وعلي طاقة الأشعة وعلي مادة التدريع.

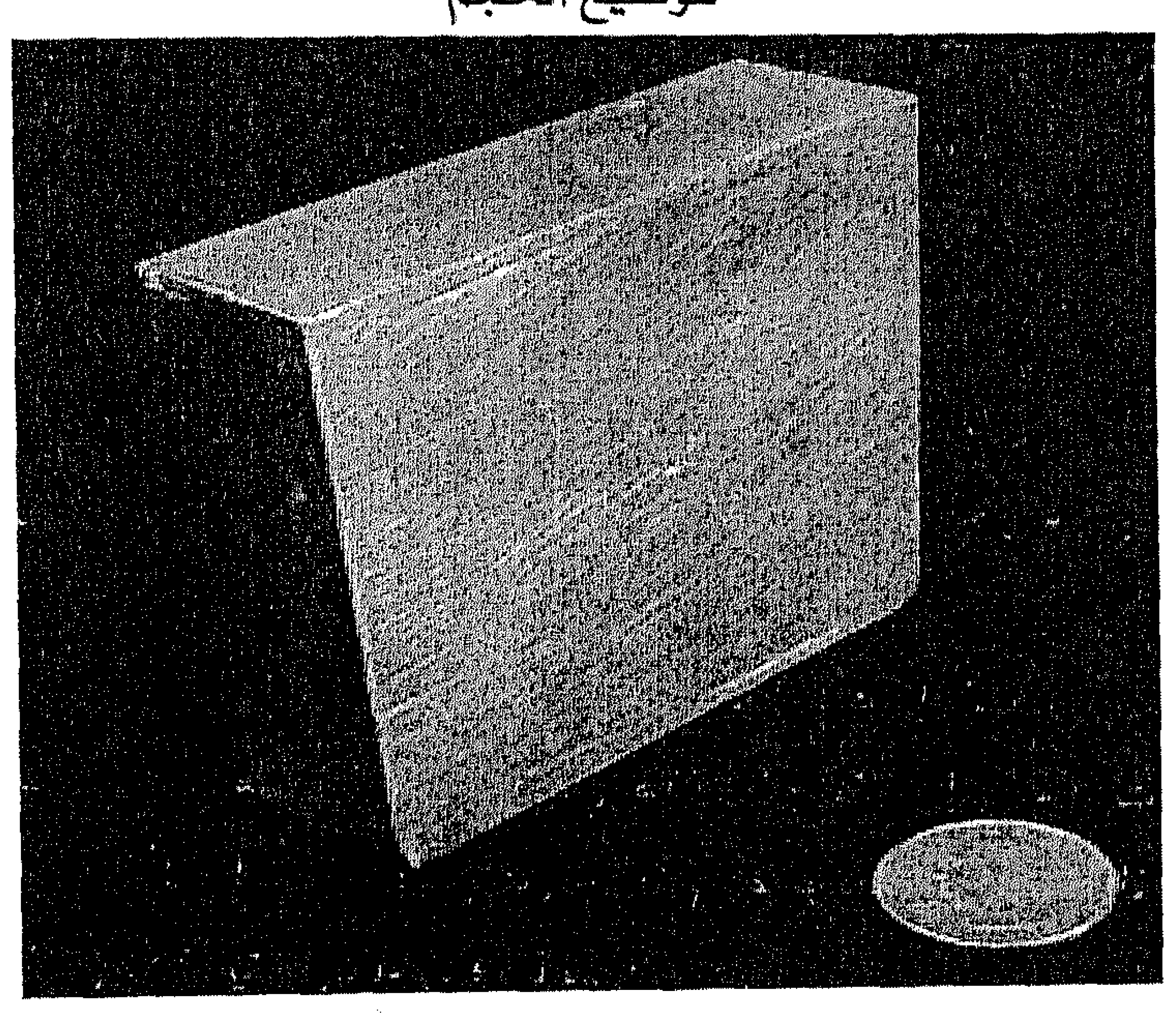
$$X\frac{1}{2} = 0.683/M_a \quad = M\frac{1}{2}/M_a \quad (3\text{-}7)$$

$$X\frac{1}{10} = M10/M_a \quad = 2.303/M_a \quad (3\text{-}8)$$

ومعرفة كل من السمك النصفي والسمك العشري مفيد لإيجاد السمك المطلوب للدرع بطريقه سهله وسريعة.

عادة ما يستخدم عنصر الرصاص في تدريع الأشعة السينية وإشعاعات جاما.

شكل (2-3) يوضح لوح من الرصاص يستخدم كدرع نووي وقطعة العمله لتوضيح الحجم

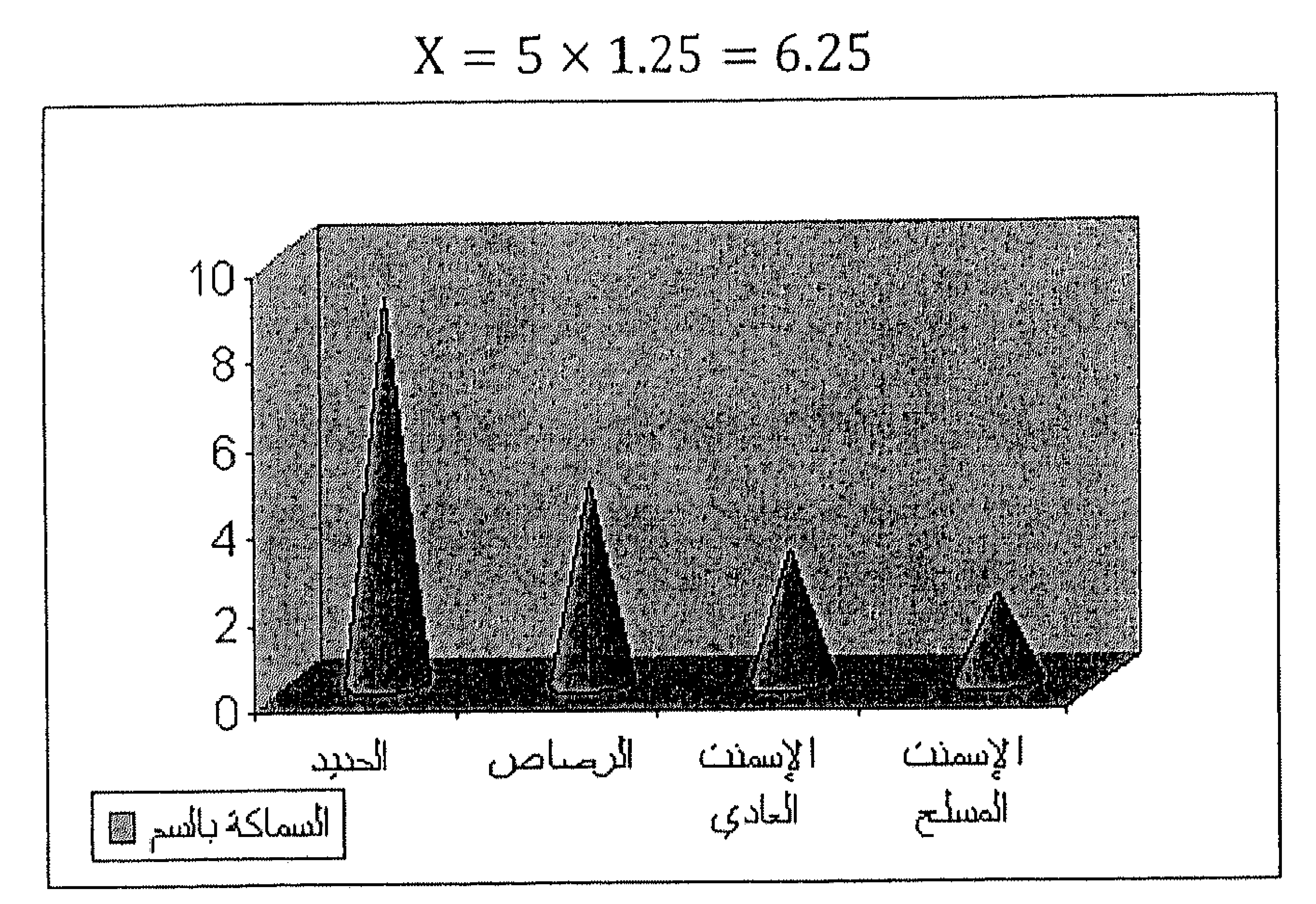


ووجد انه عند استخدام مصدر كوبالت 60 (^{60}CO) موجو داخل قلعه كرويه يؤدي الي معدل جرعه فعاله مقدارها 320 Msv/hr عند نقطه معينه من المصدرودرع الرصاص اللازم وضعه بين المصدر والنقطة لخفض الجرعة إلي 10Msv/hr هو عدد مرات الخفض المطلوبة في معدل الجرعة هي:

320/10=32

ويكون عدد مرات السمك المطلوب هو 5 حيث ان السمك النصفي للرصاص عند طاقة الكوبالت (1.332Kev هو 1.25cm) فيكون سمك الرصاص المطلوب هو:

$$X = 5 \times 1.25 = 6.25$$



الشكل (3-3): نرى فيه تمثيلاً بيانياً يوضح اختلاف سمك الصفيحة المستخدمة لإضعاف أشعة غاما طاقتها 1.25MeV إلى عشر قيمتها الأصلية باختلاف المعدن

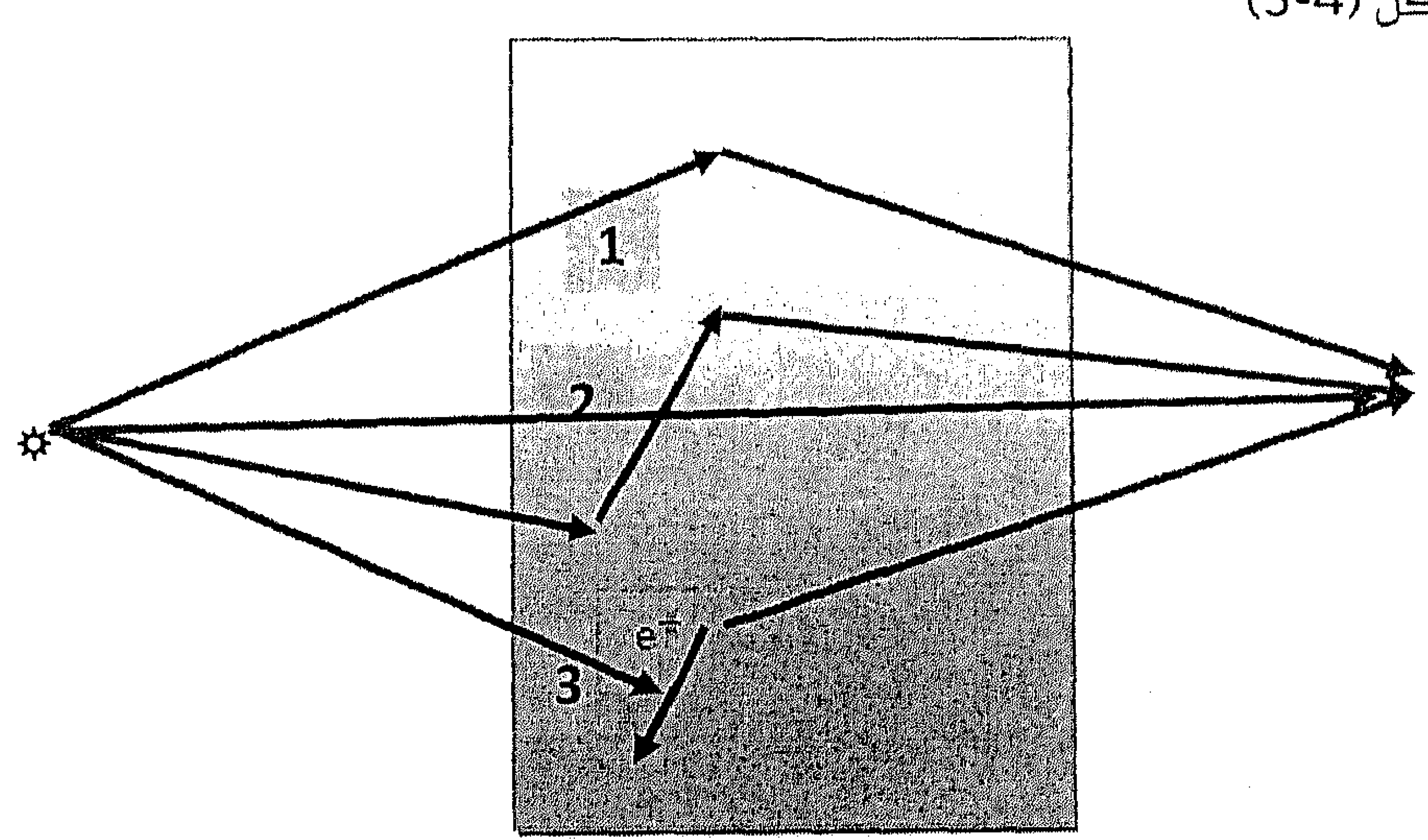
التراكم ودوره في حساب سمك الدرع:

من حيث المبداء يستحيل تحقيق المطلوبين المذكورين في الفقرة السابقة وكذلك الخاصيتين بوجوب أن تكون حزمة الأشعة الساقطة علي الدرع حزمه ضيقه ومتوازية، وان يكون سمك الدرع صغيرا.

ولكن في جميع الحالات يكون سمك الدرع كبيرا نسبيا وتكون حزمة الفوتونات واسعة وغير متوازية حيث يؤدي هذان الوصفان إلي حدوث ما يعرف بالتراكم (Build - up) الذي ينتج عن تراكم الفوتونات في النقطة المعينة بسبب بعض العوامل التي سوف يتم إيضاحها فيما يلي:

ينتج التراكم عن نمطين وحيدين من أنماط تفاعل الفوتونات مع المادة وهما تشتت مكبوتون وإنتاج الأزواج بينما لا يؤدي التأثير الكهروضوئي إلي حدوث أي نوع من التراكم.فنتيجة لاستطارة كمبوتون فان بعض الفوتونات التي تنبعث من المصدر في

اتجاه بعيد عن النقطة المعينة والتي يحدث لها تشتت علي الدرع يمكن ان تتجه نحو النقطة المعينة فتزيد عدد الفوتونات الواصلة إليها (بالرجوع إلي الفوتون اعلي الشكل (3-4)).فضلا عن ذلك، فانه عندما يكون الدرع سميكا يمكن أن يحدث للفوتون الواحد أكثر من تشتت متتابع من تشتتات كمبوتون، وهي الظاهرة المعروفة باسم التشتت المتعدد، (وهو ما يمثله الفوتون 2 علي الشكل (3-4)).أما في إنتاج الأزواج فان الطاقة لا تنتقل بالكامل لمادة الدرع.ويعود ذلك إلي أن احد الفوتونين الناتجين عن فناء البزترون مع الكترون من الكترونات المادة قي يصل إلي النقطة المعينة فيزيد عدد الفوتونات الواصلة إليها، وبالتالي،يزيد معدل الجرعة فيها وهذا ما يمثله الفوتون 3 علي الشكل (3-4)



الشكل (3-4)

وعموما يعرف عامل التراكم (Build-up factor B) علي انه النسبة بين العدد الكتلي للفوتونات I_t التي تصل النقطه المعينه في وجود الدرع بين المصدر وهذه النقطه، سواء بشكل مباشر من المصدر I_d، أو تصل النقطة المعينة ذاتها من المصدر مباشرة.

أي أن $B = I_t / I_d$ (3-9)

ويمكن حساب عدد الفوتونات الكلية I_t التي تصل النقطة المعينة خلف الدرع حيث يكمن هذا العدد من:

أ. مركبه مباشرة d تخترق سمك الدرع دون تفاعل.

ب. مركبه متشتته I_s كانت فوتوناتها متجهه في الاصل بعيدا عن النقطه واتجهت بعد تشتت كمبوتون اليها، او تولدت فوتوناتها نتيجة فنا البوزترونات مع الالكترونات مادة الدرع.أي ان عدد الفوتونات الاجمالي:

$$I_{t=} I_d + I_S \qquad \textbf{(3-10)}$$

حيث تصبح المعادلة **(3-9)** علي الصورة:

$$B = (I_d + I_s)/I_d \qquad \textbf{(3-11)}$$

ويعتمد معامل التراكم B اعتمادا كبيرا علي كل من طاقة الفوتونات، والعدد الذري لمادة الدرع، وكذلك سماكة الدرع X ويمكن ان يتراوح هذا المعامل بين الواحد الصحيح (في الحالة المثالية عندما لا يوجد تراكم، أي عندما تكون حزمة الأشعة ضعيفة جدا ومتوازية، وتكون سماكة الدرع صغير)، وبين عدة عشرات أو مئات أو حتى آلاف من الظروف الواقعية (أي عند الطاقات العالية لإشعاعات جاما وانطلاق حزمة الأشعة في جميع الاتجاهات وللمادة عالية العدد الذري والسمك الكبير).ويؤدي هذا الأمر إلي عدم صلاحية العلاقتين الأسيتين للتوهين أو لتناقص معدل الجرعة الفعالة، لحساب سمك الدرع، حيث إنهما ستعطيان سمك اقل من اللازم للوقاية من المصادر المقصودة.لهذا السبب يجب أن يؤخذ عامل التراكم في الحساب عند حساب سمك دروع أشعة جاما والأشعة السينية.ويتم هذا الأمر بإدخال هذا المعامل ضمن معادلة التوهين أو الامتصاص.بذلك تكون الصيغة الواجب إتباعها لحساب السمك الصحيح للدرع هي العلاقة التالية:

$$E = E_0 B e^{-M_a x}$$

و ينبغي الإشارة إلي أن السمك الكافي لخفض معدل الجرعة في النقطة المعينة للقيمة اللازمة، تعتمد اعتمادا أساسيا علي النشاط الإشعاعي للمصدر المشع.فبزيادة النشاط الإشعاعي للمصدر تستلزم زيادة لخفض معدل الجرعة خارجه عن الحد المطلوب.

(6-3) دروع النيوترونات السريعة:

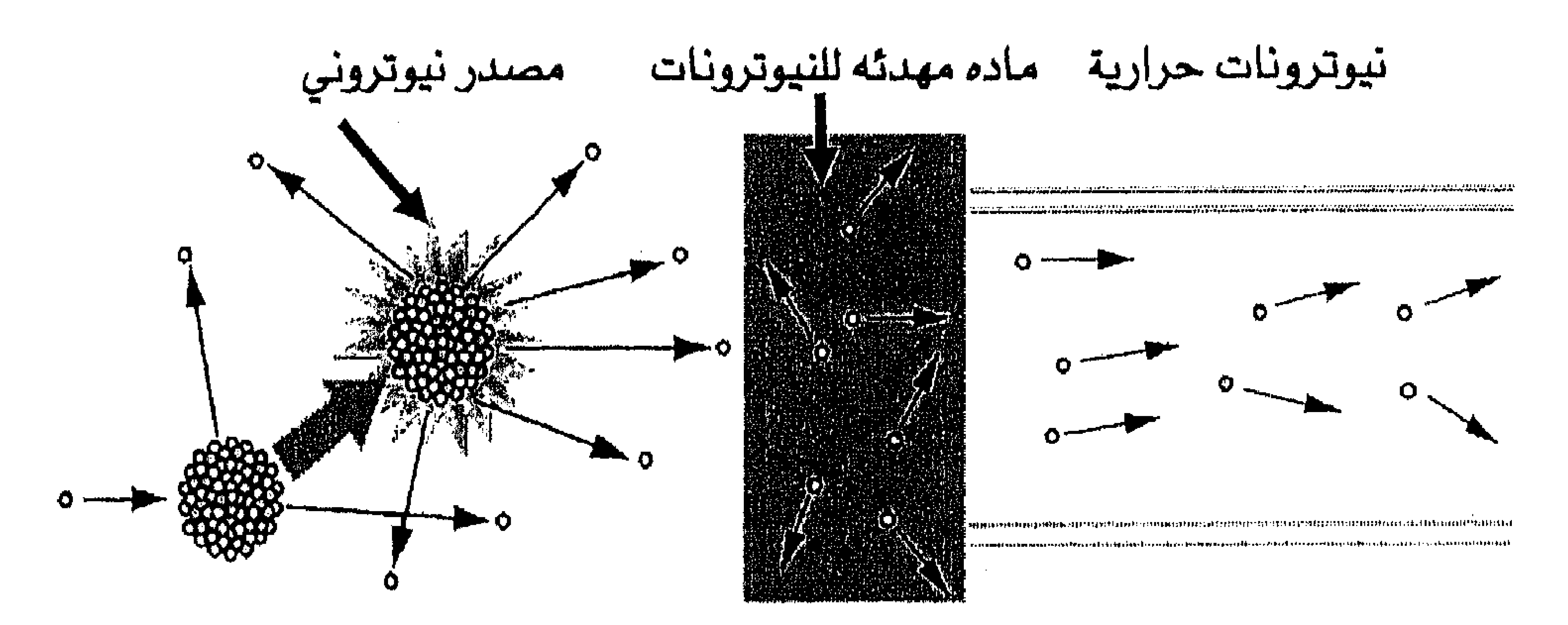
هنالك أهميه متميزة للدروع النووية الخاصة بالوقاية من النيوترونات حيث أن النيوترونات تحتاج إلي معالجه معينه تختلف عن أنواع الإشعاع الأخرى. وكون النيوترونات جسيمات لها قدره فائقة علي اختراق المواد بسهوه متناهية لعدم امتلاكها شحنه. فالنيوترون يمثل خطورة كبيره علي العاملين في مجال الإشعاع ولاسيما مناطق التفاعلات النووية لان تأثيره يمتد إلي الاجهزه الالكترونية الموجودة في هذه المفاعلات.

عند الحديث عن تفاعل النيوترونات السريعة مع المادة نجد أن المواد ذات الإعداد الذرية الصغيرة. وخاصة الهيدروجين تعتبر من أفضل المهدئات للنيوترونات السريعة.فهذه النيوترونات تبلغ طاقتها عدة ميغا إلكترون فولت تحتاج حوالي 18 تصادما مع البروتونات (نوى الهيدروجين) وتتحول إلي نيوترونات حرارية بطاقة 0.025 إلكترون فولت وبالنسبة للمواد الخفيفة الغنية بالهيدروجين. مثل شمع البرافين أو البلاستيك أو الماء أو غيرها فان السماكة المطلوبة لتهدئة النيوترونات السريعة وتحويلها إلي نيوترونات حرارية تتراوح بين حوالي cm 20 – 25 وبالتالي تكفي مثل هذه السماكة لامتصاص طاقة النيوترونات السريعة بشكل كامل.

عند تصميم أي درع نووي للوقاية من النيوترونات فان الخطوة الأولي تكون في استخدام مواد ذات كثافة قليله مع ضرورة الأخذ بنظر الاعتبار ضرورة توافر عدد كبير قدر الإمكان من ذرات الهيدروجين لوحدة الحجم من المادة المستخدمة. مثل الماء وشمع البرافين وبعض أنواع البوليميرات حيث أن جميع هذه المواد تحتوي علي وفره عاليه جدا من ذرات الهيدروجين.أن أهمية وجود الهيدروجين يؤثر تأثيرا كبيرا في تهدئة النيوترونات وإبطائها وذلك لان نواة الهيدروجين عبارة عن بروتون وتكون كتلة البروتون والنيوترون متقاربتين جدا مع بعضهما. فان تصادمهما يؤدي إلي اكبر ميمكن من الانتقال الطاقي بين هذين الجسيمين.

هنالك عدد من المواد التي تحتوي علي ذرات الهيدروجين لوحدة الحجم أكثر مما يحتويه الماء وشمع البرافين وفي الوقت نفسه تكون اقل كثافة.إلي جانب ذالك فان إضافة البورون (بكونه ماصا جيدا للنيوترونات) إلي هذه المواد يزيد من تهدئة

النيوترونات وامتصاصها وعلية يمكن استخدام هذه التركيبة دروعا نوويه واقيه جيده للتخلص من النيوترونات إبطائها.



الشكل(3-5): تهدئة النيوترونات السريعه

وبعد تحويل النيوترونات السريعة إلي حرارية يصبح من السهل امتصاصها وذلك باستخدام مادة ذات مقطع عرضي كبير لامتصاص النيوترونات الحرارية.وتستخدم مادة الكادميوم cd لهذا الغرض حيث أن المقطع العرضي لامتصاص النيوترونات في الكادميوم كبير للغاية ونتيجة لامتصاص النيوتروني تنطلق إشعاعات جاما طبقا للمعادلة الاتيه:

$$^{114}Cd + {}^{1}n \rightarrow {}^{115}Cd + \gamma$$

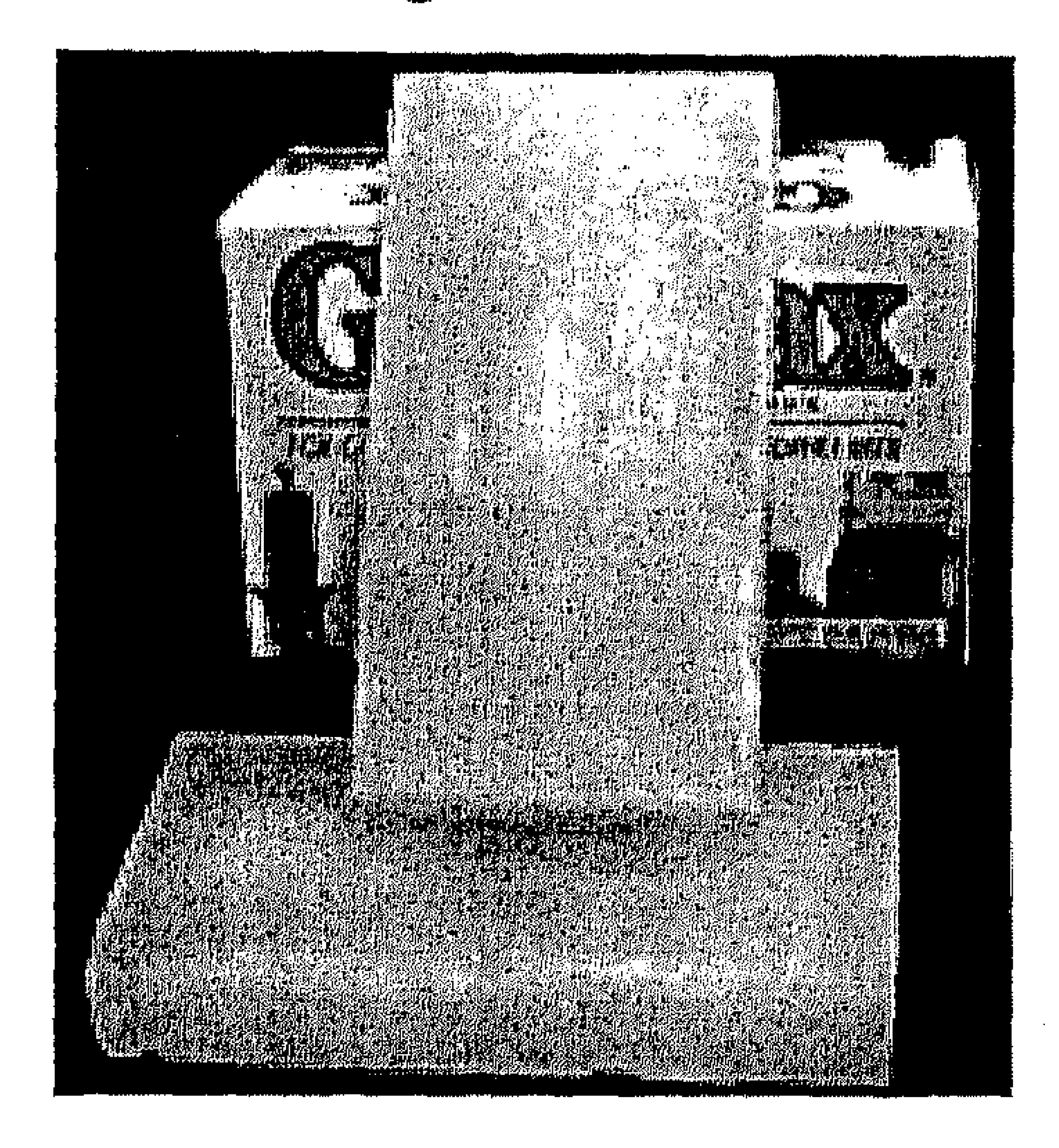
بعد إحاطة المصدر أو المولد النيوتروني بالطبقة الكافية السماكة (20-25)cm من المادة منخفضة العدد الذري كالشمع أو الماء أو غيرها يتم إحاطة هذه المادة المهدئة بطبقه رقيقه من فلز الكادميوم بسماكه تبلغ 1mm لامتصاص اغلبيه النيوترونات الحرارية ولامتصاص فوتونات جاما المنبعثة عن الأسر النيوتروني في الكادميوم ثم يتم إحاطة الكادميوم بطبقه أخري من ماده عالية العدد الذري كالرصاص.

وبذلك يتكون الدرع المثالي للنيوترونات السريعة من ثلاث طبقات متعاقبة من مواد مختلفة وبسمك مختلف.

وغي اغلب الحيان لا تتاح إمكانية استخدام شرائح الكادميوم لامتصاص النيوترونات الحرارية. عندئذ يمكن الاكتفاء باستخدام سمك كبير من الماء أو شمع البرافين.



شكل (6-3): شمع البرافين



ويقوم الدرع بعملية التهدئة والامتصاص النيوتروني. حيث يتناقص عدد النيوترونات تبعا للقانون الأسى السابق الذكر مع اختلاف قيم معامل الامتصاص M للنيوترونات عن معامل الامتصاص لإشعاعات جاما.ويعتمد معامل امتصاص النيوتروني اعتمادا كبيرا علي طاقة النيوترونات وعلي نوع المادة الممتصة.

هناك أنواع مختلفة من البوليميرات (وهي عبارة عن جزيئات عملاقه تتكون من عد من الوحدات الأصغر التي تعرف بلمونير) ولها مواصفات تؤهلها لكي تستخدم دروعا نوويه من حيث احتوائها علي عدد كبير من ذرات الهيدروجين لوحدة الحجم فضلا عن إمكانية تصنيعها والتعامل معها بسهوله وبشكل أفضل عن بقية المواد مثل الماء والبرافين حيث أن البوليميرات يمكن أن تأخذ أي شكل هندسي يحتاجه التصميم في حين ان كل من الماء والبراقين يحتاج إلي وعاء خارجي للمحافظة علي شكله الخارجي والهندسي العام.ومن هم أنواع البوليميرات التي يمكن استخدامها هي البولي ايثلين البولي بوبر وبيلين.إن إضافة البورون إلي هذه المواد تجعلها دروعا نوويه

جيده للنيوترونات وبنفس الوقت تقلل أشعة جاما الثانوية الخارجة نتيجة إيقاف النيوترونات.

لذلك بداء العلماء بتطوير هذه المواد للوصول بها إلي أفضل ما يمكن وقد أطلقت هذه التسمية الجديدة (بولي ايثلين- بورون) علي هذه التركيبة الجديدة التي وجد أنها تحتوي علي خواص نوويه وفيزيائيه جيده جدا فضلا عن إمكانية تركيبها وإعطاء الأشكال الهندسية المرغوب فيها. وهذا من المحاسن قياسا بالماء الذي يحتاج دائما إلي وعاء خاص به البرافين الذي يفقد شكله الهندسي مع الزمن والحرارة.

عليه فان العلماء يتقدمون باستمرار ببحوثهم في مجال الدروع النووية لفرض الأغلال علي الإشعاع وذلك باستخدام أنواع مختلفة من مواد الدروع النووية كل نوع لغايته خاصة. حيث كان المختصون ساقا يستخدمون نوعا معينا ومحددا من المواد لتصنع الدروع النوويه الواقية من الإشعاع ولكن بداء الباحثون يركزون بحوثهم وتصاميمهم للدروع النووية معتمدين علي مبداء استخدام عدة أنواع من المواد في آن واحد وهذا ما يسمي بالدروع النووية متعددة الطبقات.إن الغاية من استخدام هذا النوع من الدروع النووية تكمن في أن هذه الدروع النووية تكون متعددة الأغراض وتستخدم لإيقاف أنواع متعددة من الإشعاعات وامتصاصها في إن واحد مثل استخدامها لإيقاف النيوترونات وأشعة جاما في نفس الوقت. وحيث انه من المعروف أن إيقاف النيوترونات أو أنواع الإشعاعات الأخرى بشك سريع (أي إيقافها خلال مسافة قصيرة من خلال استخدام مواد معينه في الدروع النووية) يؤدي إلي ظهور أشعه ثانوية قد تكون خارج التوقعات أو الحسابات. عليه تم اخذ ذلك بنظر الاعتبار عند تصميم الدروع النووية متعددة الطبقات التي تعالج هذا الموضوع.

الفصل الرابع

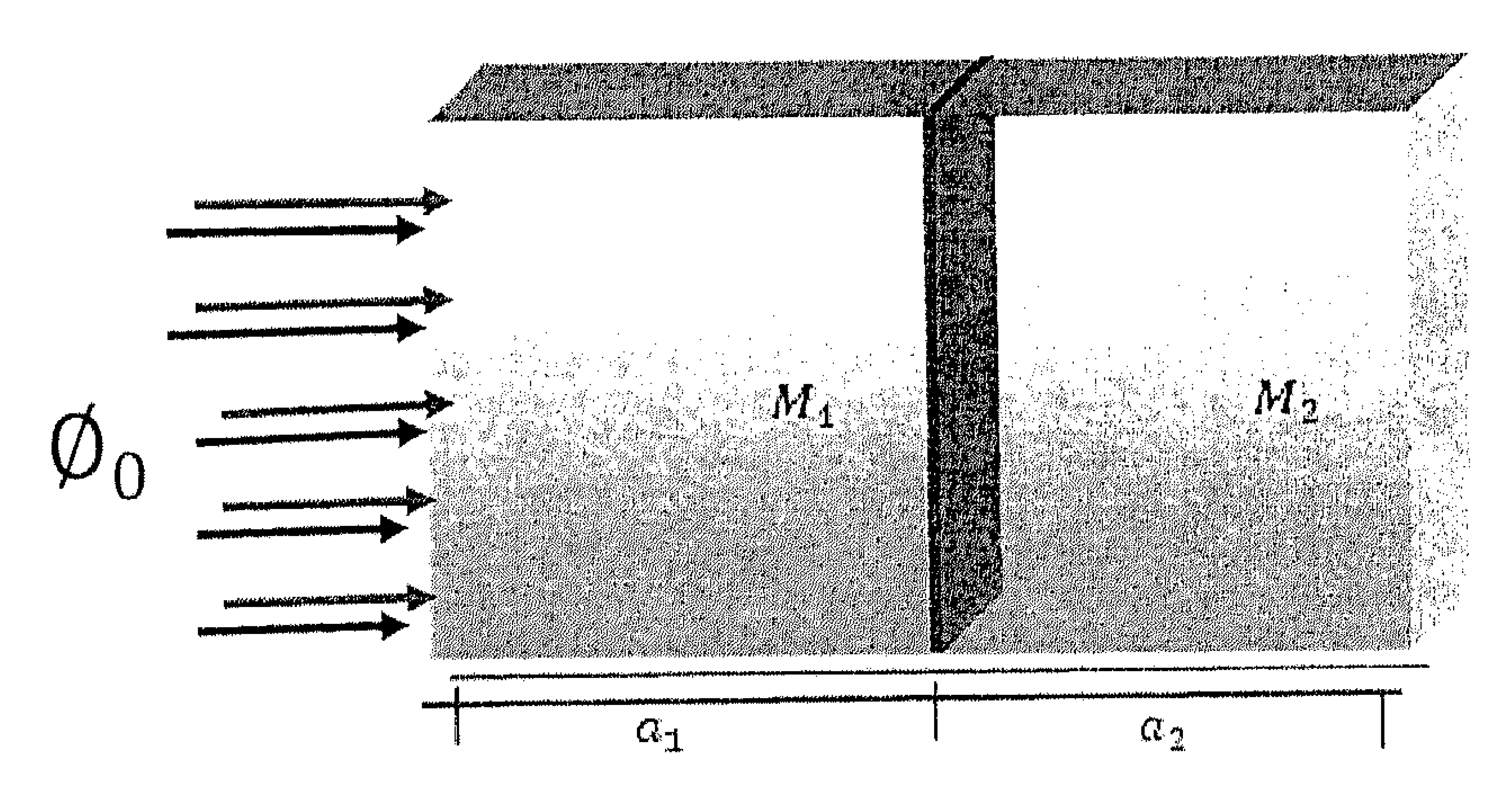
حساب عامل التراكم للدروع النووية

متعددة الطبقات

Build up factor and multilayered shields

(4-1) عامل التراكم والدروع النووية متعددة الطبقات:

تناولنا في الفصل السابق مناقشة دروع أشعة جاما مكونه من طبقه واحده من مواد التدريع.وانه من الضروري ألان اعتبار دروع مكونه من أكثر من طبقه من مواد التدريع.ولنفترض مثلا أن حزمة من أشعة جاما أحادية الاتجاهات ذات طاقه E, تسقط علي درع له طبقات من مواد مختلفة كما هو مبين في الشكل (4-1)



الشكل (4-1) يمثل درع نووي مكون من طبقتين لمادتين مختلفتين

من المعروف إن أشعة جاما غير المتصادمة خلف الدرع النووي في النقطة p تعطي بالعلاقة

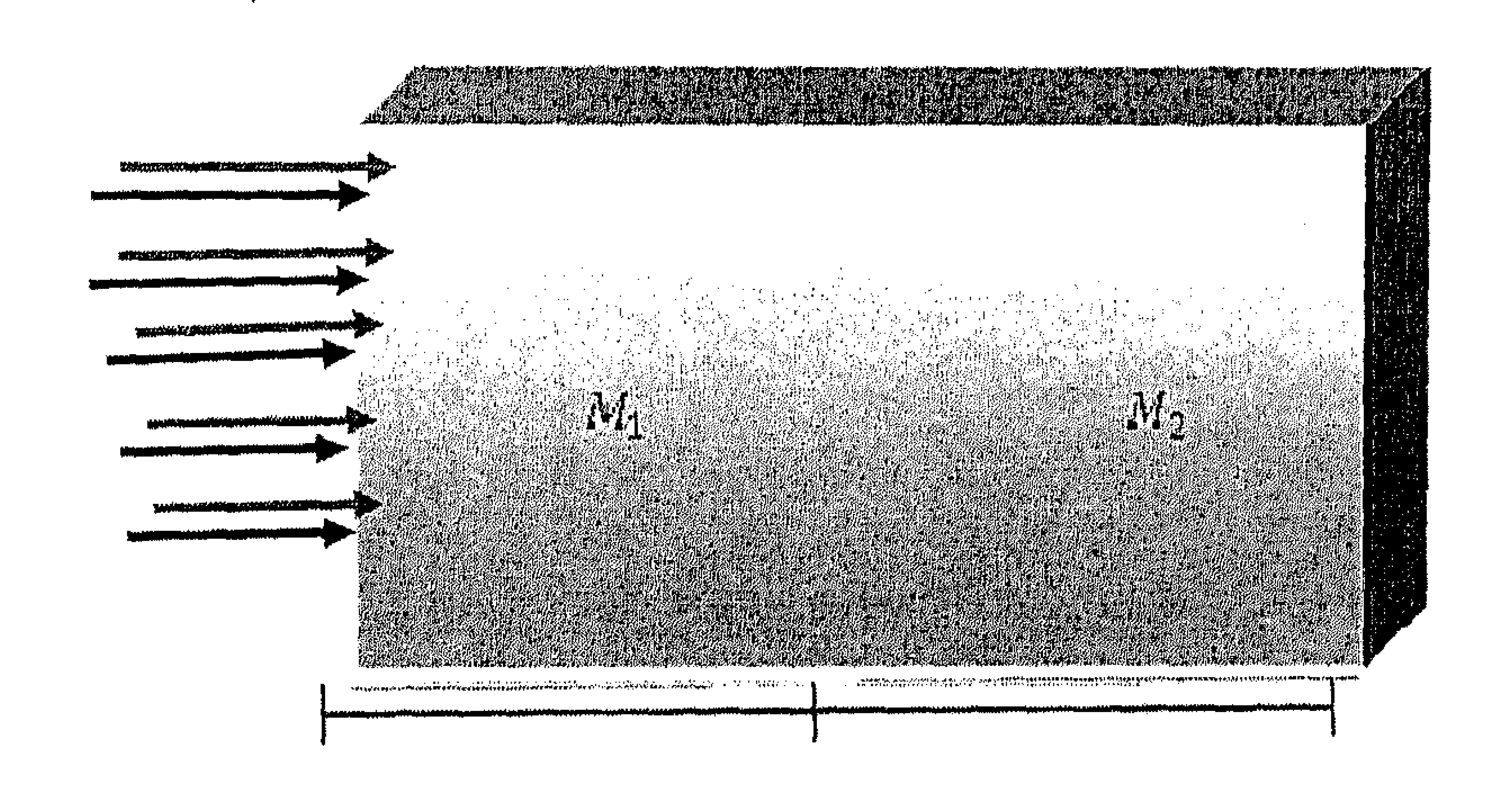
$$\emptyset_u = \emptyset_0 e^{-(M_1 a_1 + M_2 a_2)}$$

حيث أن M_1, M_2 هما معاملا التوهين للمادتين المستخدمتين في مواد التدريع, اما a_1, a_2 يمثلان سمك المادتين علي التوالي, $\emptyset_0$ تمثل تدفق اشعة جاما $\emptyset_u$ هو التدفق غير المصتدم.

إن موضوع حساب فيض التراكم في النقطة p خاف الدرع النووي, أي حساب مقدار $\emptyset_B$ يكون ذو صعوبه ملحوظه وتختلف اختلافا كاملا عن الحسابات السابقه للدروع النوويه ذات الطبقه الواحده.

إن هذه الصعوبة تنشا من حقيقة أن عامل التراكم تم حسابه فقط لأشعة جاما احديه الطاقة الساقطة علي مادة ما. ولهذا فهذه الحسابات تصلح للفيض الذي يدخل إلي المادة الأولي ولكنها لا تصلح بالنسبة إلي الفيض الداخل إلي المادة الثانية لان أشعة جاما أساسا دخلت المادة بتوزيع طاقي مستمر وليست أحادية الطاقة إضافة إلي أن حسابات فيض التراكم في النقطة P تعتمد بشكل أساسي وكبير علي أي من المادتين ستأتي أولا.ولتوضيح هذه الفكرة فان فيض التراكم $\emptyset_B$ الخارج من لماده الاولي سيكون بالتاكيد مختلفا تماما عن فيض التراكم $\emptyset_B$ الخارج من الماده الثانيه فيما لو بدلنا المادتين بعضهما.

ومثال علي هذه الحالة هو أن نأخذ أشعة جاما بطاقة مقدارها (0.5Mev) تسقط علي درع نووي مكون من مادتين لطبقتين هما الرصاص والماء كما في الشكل(2-4)



عامل التراكم يوضع في شكل جداول جاهزة وبالرجوع لهذه الجداول.و نجد أن عامل التراكم للماء اكبر بكثير من عامل التراكم للرصاص من نفس السمك وهذا يعني أن هناك تراكما اكبر للإشعاع المتشتت في الماء ويكون هذا التراكم اقل بكثير في نفس السمك من الرصاص. كما نلاحظ هنا أن أشعة جاما المستخدمة تعد ذات طاقه منخفضة (0.5Mev) حيث انه من المعروف أن ظاهرة الامتصاص الكهروضوئي في مستوي هذه الطاقة لا تكون هي الغاية للماء من بين أنواع التفاعلات

الأخرى الأمر الذي سيولد عددا كبيرا من أشعة جاما المتشتتة (أي تراكم كبير للإشعاع المتشتت) في طبقة الماء. (الامتصاص الكهروضوئي هو بخاصة محتمل عندما تفوق طاقة جاما طاقة ارتباط الالكترونات بقليل.وبما أن طاقات جاما الدنيا تبلغ بعض الكيلو فولت، فان الفوتونات تمتصها علي الأرجح الكترونات مرتبطة بشده أي الكترونات الطبقة k كما تمتصها عناصر ثقيلة غنية بالبروتينات فالفوتونات منخفضة الطاقة تمتصها بخاصة المواد الثقيلة كالرصاص مثلا)[17] بينما سيكون العكس في الرصاص.وبهذا تتراكم الأشعة ذات الطاقة المنخفضة يكون قليلا جدا في مادة الرصاص وبناء علي ذلك فإذا وضعنا الماء قبل الرصاص فان الإشعاع المتراكم في الماء سوف يمتص خلال مروره في مادة الرصاص وبهذا يكون التراكم الإشعاعي الكلي صغيرا جدا أما إذا وضعنا الرصاص في البداية فسوف يكون التراكم الإشعاعي عالي جدا.

و لسوء الحظ لا توجد طريقه لإيجاد القيمة الدقيقة لعامل التراكم لطبقات مختلفة من الدرع النووي، عليه نلجاء إلي استخدام عامل التراكم لكل ماده علي انفراد لكن لحسن الحظ يمكن إيجاد قيمه تقريبية من خلال استخدام الطرق التالية التي تعتمد أساسا علي طرق ترتيب مواد الدروع النووية الواقية وحسب ما يلي:

(4-1-1) الحالة الأولى: عندما تكون مادتي الدرع متشابهه إلي حد ما من ناحية العدد الذري:

وهذه الحالة تكون مقبولة عندما يكون الفرق في العدد الذري (z) من 5 إلي 10 حيث يمكن استخدام عامل التراكم لهذه الحالة للمادة التي لها عامل تراكم اكبر ويمكن حساب عامل التراكم علي انه داله في سمك المادة كما يلي:

$$B = B[M_1(a_1 + a_2)]$$

(4-1-2) الحالة الثانية: إذا كان الوسطان يختلفان اختلافا كبيرا في العدد الذري مع وجود ماده ذات العدد الذري القليل أولا والمادة ذات العدد الذري العالي ثانيا:

وبهذه الحالة يستخدم عامل التراكم للمادة الثانية وكأن المادة الأولي غير موجودة, وذلك بسبب كون المادة الثانية ستقوم بامتصاص التراكم الإشعاعي المتكون في المادة الولي.ويعطي ذلك بالمعادلة:

$$B = B_{Z_2}(M_2 a_2)$$

(4-1-3) الحالة الثالثة: إذا كانت المادتان مختلفتان بالعدد الذري اختلافا كبيرا مع وجود المادة ذات العدد الذري العالي أولا:

إن حساب عامل التراكم لهذه الحالة يعتمد أساسا علي قيمة طاقة أشعة جاما وحسب الحالات الطاقية الآتية:

$$\text{if } E < 3Mev$$

$$\textbf{Then } B = B_{Z_1}(M_1 a_1) \times B_{z_2}(M_2 a_2)_{min}$$

حيث أن $(B_{Z_2}(M_2 a_1)$ هي قيمة عامل التراكم للمادة الثانية B_{Z_2} للطاقة 3Mev والمعادلة تقوم علي أن أشعة جاما التي تخترق الطبقة الأولي تخرج منها ولها طاقه تعتبر صغيره بشكل عام, عليه يتم التعامل معها علي أساس هذه الطاقة عند اختراقها المادة الثانية ويتم التعامل مع الأشعة علي أساس هذه الطاقة بدلا من الطاقة الأصلية للمصدر.[3]

الخاتمة

أن الإشعاعات النووية ليست نوعاً واحداً وإنما أنواع عدة مثل كالأشعة السينية وأشعة بيتا وألفا وجاما والنيوترونات وكل منها له تأثيرات معروفة ومحددة.

والإشعاع له وحدات محددة لقياس كميته، فكلما زادت الكمية زادت احتمالية الإصابة البيولوجية و الآثار المتوقعة. ومن بعض الآثار الصحية فتسبب في حدوث أنواع معينة من السرطان: حيث أصبح معروفاً لسنوات عديدة أن التعرض لجرعات عالية من الأشعة النووية (أعلى بشكل كبير جداً مما هو موجود بشكل طبيعي) وقد تودي إلي تأثيرات صحية سالبه قريبه أو بعيدة المدى ومن الثاثيرات البعيدة المدى حدوث التشوهات الخلقية لدى الأجنة وغيرها من التأثيرات.

الدروع الواقية، هي الطريقة المفضلة عادة لأنها تؤدي فعلاً إلى مستويات عمل أمينة وتسهل طرق التعامل وبالتالي الاستفادة من الأشعة النووية وهذا ما تناولناه في الفصل الثالث بشئ من التفصيل. ونظرا لاتساع رقعة استخدام الإشعاعات في الحقل الطبي خاصة الأشعة السينية التي تماثلها أشعة جاما لحد ما فتطرقنا إلي ذلك وبينا انه لعمل الدروع الواقية من إشعاعات جاما والأشعة السينية يفضل استخدام المواد ذات العدد الذري الكبير نظرا لزيادة قدرتها علي امتصاص هذا النوع من الإشعاعات ومن هذه المواد الرصاص وهو الأكثر استخداما

وأخيرا الحمد لله الذي يسر وأعان

الملخص

الإشعاع النووي له عدة أنواع أهمها الأشعة التي تم تسميتها علي أول ثلاثة حروف من اليونانية α (ألفا)، β (بيتا) و γ (جاما)، بالإضافة إلي الأشعة السينية والنيوترونات. أشعة ألفا والتي تتكون من نواة الهليوم (اثنين اثنين من البروتونات و اثنين النيوترونات) وهي ثقيلة نسبيا وتحمل شحنه موجبه. أما بيتا تتألف من الالكترونات سريعة الحركة أو جزئ بشحنه موجبه (ضديد الإلكترون) وجسيمات بيتا اخف من جسيمات ألفا. أما جاما تتألف من الفوتونات وكذلك الأشعة السينية رغم أن الأخيرة تحمل طاقه اقل من طاقة جاما.

جميع هذه الاشعه رغم فوائدها وتطبيقاتها المتعددة إلا أنها تسبب أضرار جسيمه في جسم الإنسان نتيجة لتفاعلاتها مع المواد المختلفة (خاصة الهيدروجين) داخل جسم الإنسان لذلك كانت دراسة طرق الوقاية من الأولويات مما يحسن استخدامها وبالتالي يتسع مجال تطبيقها.

في هذا الكتاب تناولنا احد أهم طرق الوقاية من الإشعاع النووي وهي الدروع أو الحواجز النووية وعند هذه الدروع يستوجب دراسة خصائص كل نوع من أنواع الأشعة وتفاعلاتها مع المواد حتى يتسنى اختيار المادة المناسبة لتحجب الأشعة المر اده والتخلص من خطرها. ويتوقف نوع مادة الدرع وسمكه علي نوع الإشعاعات وطاقتها والنشاط الإشعاعي للمصدر , وكذلك معدل الجرعة المحددة خارج هذا الدرع.

المصادر

1. احمد محمد السريع (بروفسير)، محمد فاروق احمد (بروفسير) – مبادئ الإشعاعات المؤينة وطرق الوقاية منها –اللجنة الدائمة للوقاية من الإشعاعات – الأولي 2007- جامعة الملك سعود.
2. احمد الناغي (دكتور)، الفيزياء النووية – دار الفكر العربي – الأولي 2001.
3. اسعد جلال صالح (دكتور) - مقدمه في الفيزياء النووية - دار المسيرة عمان –الأولي 2007.
4. توفيق قسام (بروفسير)، محمد قعقع (بروفسير)، توفيق يس (دكتور) – الفيزياء المتقدمة – دمشق 1998.
5. جيمس أ. ريتشارد، فرانسيس بسيون بيريز، م. رسل وير، مارك ديزيانكي – ترجمة عبد الرازق قدوره، احمد محمود الحصري، وجيه السمان – الفيزياء الحديثة للجامعات - مطبوعات جامعة الرياض
6. جوين رايدربيك – ترجمة عصام سلومي، زهور فتحي داود – الكيمياء النووية بين النظرية والتطبيق _ جامعة الموصل بغداد 1985.
7. دانييل سشوم _ ترجمة عمر الفاروق، احمد فؤاد باشا (دكتور) – فيزياء السنة الأولي الجامعية –الدار الدولية للنشر والتوزيع الثالثة 1993.
8. سعدي الجعفري (دكتور)، سعيد سليمان (دكتور) – مبادئ الفيزياء النووية – دار الشؤون الثقافية العامة.
9. سيرواي. أ، روبرت ج. يكتر، جون و. جيويت – ترجمة صلاح كامل البني (بروفسير) – الفيزياء للمعلمين والمهندسين (الفيزياء الحديثة) – دار المريخ الرياض 2008.
10. شولكين ن. ي – ترجمه قسان المعصراني- مراجعة مكي الحسني _ فيزياء الصغائر – مطبوعات وزارة الثقافة والإرشاد القومي 1967.
11. علي عبد الحسين سعيد (بروفسير)، سهام عبد الجبار الجاسم (بروفسير) – أسس الكيمياء النووية والنشاط الإشعاعي – دار المسيرة الاولي 2001م.

12. عمر محمود عمار (دكتور) – الفيزياء الحديثة – الاولي 1999م.
13. غازي يس القيسي (دكتور) – أساسيات الفيزياء الحديثة – دار المسيرة الأولي 2007م.
14. فخري اسماعيل حسن (دكتور) – مقدمه في الفيزياء الحديثة - دار المريخ الرياض 2003/
15. كلادوف – ترجمة عبد الرازق المخزومي – الذرة من الألف إلي الياء – دار الشؤون الثقافية بغداد 1987م.
16. كلموف أ. ن – ترجمة مجدي مصطفي امام (دكتور) – الفيزياء النووية والمفاعلات النووية
17. مبارك درار (استاذ)، مكي الطيب (دكتور) – مقدمه في الفيزياء الحديثة – المعهد الاسلامي
18. محمد حسين بركات (دكتور) – أساسيات الفيزياء النووية – دار الفكر الأولي 2007م.
19. محمد عبد الرحمن (دكتور)، احمد نصر الكداشي (استاذ)- مبادئ المفاعلات النووية.
20. محمد فاروق احمد (بروفسير)، احمد محمد السريع (بروفسير) – الفيزياء الاشعاعية _اللجنه الدائمة للوقاية من الإشعاع جامعة الملك سعود الأولي 2007م.
21. مجد قاسم محمد قاسم (كتور)، فوزي عبد الكريم (دكتور) – الفيزياء النووية والإشعاعية – جامعة البيضاء عمر المختار ليبيا 2006م.
22. مطاوع الاشهب (دكتور) – الإشعاع النووي والوقاية من الإشعاع – المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر – دمشق 1991م.
23. مناف عبد حسن – مفاهيم في الفيزياء الذرية والنووية – دار الكتاب الجامعي الأولي 2004.
24. هاري هوايت - ترجمة علم الدين فرغلي – الفيزياء للجامعات – دار المعرفه القاهره.

25. هنري سيمات – ترجمة مصطفي كامل (دكتور)، سعيد رمضان هداره (دكتور) – مقدمه في الفيزيقا النووية الذرية والنووية.
26. هيثم محمد خير الدين، نصر عبد القادر – المفاهيم الحديثة في الفيزياء - 1997م.
27. وجدي محمد الشارف (دكتور) – أساسيات الهندسة النووية _ دار الكتب الوطنية - الأولي 2004 /
28. يونس صالح سليم (بروفسير)_ أساسيات الطبيعة النووية (الجزء الاول)
29. يونس صالح سليم (بروفسير)_ القوي النووية _دار الفكر المطبعة العربية





: *Web site*

1-http: //ar. wikipedia. org
2-www. phys4arab. net

ملحقات

ملحق (1): وحدات قياس الإشعاع

1 terabecquerel (TBq)	~	27	curie (Ci)
1 gigabecquerel (GBq)	~	27	millicurie (mCi)
1 megabecquerel (MBq)	~	27	microcurie (μCi)
1 kilobecquerel (kBq)	~	27	nanocurie (nCi)
1 becquerel (Bq)	~	27	picocurie (pCi) = 1 dps
1 curie (Ci)	~	37	gigabecquerel (GBq)
1 millicurie (mCi)	~	37	megabecquerel (MBq)
1 microcurie	~	37	kilobecquerel (kBq)
1 nanocurie (nCi)	~	37	becquerel (Bq)
1 picocurie (pCi)	~	37	millibecquerel (mBq)
1 Gray (Gy)	=	100	rad (rad)
1 milligray (mGy)	=	100	millirad (mrad)
1 microgray (μGy)	=	100	microrad (μrad)
1 nanogray (nGy)	=	100	nanorad (nrad)
1 kilorad (krad)	=	10	gray (Gy)
1 rad (rad)	=	10	milligray (mGy)
1 millirad (mrad)	=	10	microgray (μGy)
1 microrad (μrad)	=	10	nanogray (nGy)
1 coulomb/kg (C/kg)	~	3876	roentgen (R)
1 millicoulomb/kg (mC/kg)	~	3876	milliroentgen (mR)
1 microcoulomb/kg (μC/kg)	~	3876	microroentgen (μR)
1 nanocoulomb/kg (nC/kg)	~	3876	nanoroentgen (nR)
1 kiloroentgen (kR)	~	258	millicoulomb/kg (mC/kg)
1 roentgen (R)	~	258	microcoulomb/kg (μC/kg)
1 milliroentgen (mR)	~	258	nanocoulomb/kg (nC/kg)
1 microroentgen (μR)	~	258	picocoulomb/kg (pC/kg)
1 sievert (Sv)	=	100	rem (rem)
1 millisievert (mSv)	=	100	millirem (mrem)
1 microsievert (μSv)	=	100	microrem (μrem)
1 kilorem (krem)	=	10	sievert (Sv)
1 rem (rem)	=	10	millisievert (mSv)
1 millirem (mrem)	=	10	microsievert (μSv)

ملحق (2): وحدات قياس الإشعاع وفق النظام الدولي

The curie (Ci) is replaced by the becquerel (Bq)* 1 kilocurie (kCi) = 37 terabecquerel (TBq) 1 curie (Ci) = 37 gigabecquerel (GBq) 1 millicurie (mCi) = 37 megabecquerel (MBq) 1 microcurie (μCi) = 37 kilobecquerel (kBq) 1 nanocurie (nCi) = 37 becquerel (Bq) 1 picocurie (pCi) = 37 millibecquerel (mBq)	**Becquerel (Bq)* replaces the curie (Ci)** 1 terabecquerel (TBq) ~ 27 curie (Ci) 1 gigabecquerel (GBq) ~ 27 millicurie (mCi) 1 megabecquerel (MBq) ~ 27 microcurie (μCi) 1 kilobecquerel (kBq) ~ 27 nanocurie (nCi) 1 becquerel (Bq) ~ 27 picocurie (pCi) * 1 Bq = $1s^{-1}$
The rad (rad) is replaced by the gray (Gy) 1 kilorad (krad) = 10 gray (Gy) 1 rad (rad) = 10 milligray (mGy) 1 millirad (mrad) = 10 microgray (μGy) 1 microrad (μrad) = 10 nanogray (nGy)	**The gray (Gy) replaces the rad (rad)** 1 gray (Gy) =100 rad (rad) 1 milligray (mGy) = 100 millirad (mrad) 1 microgray (μGy) = 100 microrad (μrad) 1 nanogray (nGy) = 100 nanorad (nrad)
The roentgen (R) is replaced by coulomb/kg (C/kg) 1 kiloroentgen (kR) ~ 258 millicoulomb/kg (mC/kg) 1 roentgen (R) ~ 258 microcoulomb/kg (μC/kg) 1 milliroentgen (mR) ~ 258 nanocoulomb/kg (nC/kg) 1 microroentgen (μR) ~ 258 picocoulomb/kg (pC/kg)	**Coulomb/kg (C/kg) replaces the roentgen (R)** 1 coulomb/kg (C/kg) ~ 3876 roentgen (R) 1 millicoulomb/kg (mC/kg) ~ 3876 milliroentgen (mR) 1 microcoulomb/kg (μC/kg) ~ 3876 microroentgen (μR) 1 nanocoulomb/kg (nC/kg) ~ 3876 nanoroentgen (nR)
The rem (rem) is replaced by the sievert (Sv) 1 kilorem (krem) = 10 sievert (Sv) 1 rem (rem) = 10 millisievert (mSv) 1 millirem (mrem) = 10 microsievert	**The sievert (Sv) replaces the rem (rem)** 1 sievert (Sv) = 100 rem (rem) 1 millisievert (mSv) = 100 millirem (mrem)

(μSv) 1 microrem (μrem) = 10 nanosievert (nSv)	1 microsievert (μSv) = 100 microrem (μrem) 1 nanosievert (nSv) = 100 nanorem (nrem)

الدروع الواقية
من الإشعاع النووي






9 789957 327194



دار الحامد للنشر والتوزيع
الأردن - عمان - ص.ب.: 366 عمان 11941 الأردن
هاتف: 5231081 فاكس: 5235594-009626
E-mail: dar_alhamed@hotmail.com
daralhamed@yahoo.com
www.daralhamed.net